FUERZA AÉREA DE CHILE
IIIa BRIGADA AÉREA
GRUPO DE AVIACIÓN N 5

PÚBLICO
MANUAL SERIE "C" N 89

Manual de Vuelo por Instrumentos

ESCUELA DE VUELO POR INSTRUMENTOS

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
FUERZA AÉREA DE CHILE
COMANDANCIA EN JEFE

OBJ.: Aprueba Manual de Vuelo por Instrumentos.

Nº **E - 0248** /

LOS CERRILLOS, 04.ABR.2014.

RESOLUCIÓN DE LA FUERZA AÉREA DE CHILE (C.J.)

VISTOS:

La facultad que me confiere el artículo 47, letra g, de la Ley Nº 18.948, "Orgánica Constitucional de las Fuerzas Armadas" y lo dispuesto en el artículo 4º, Nº 38 del Reglamento Serie "D" Nº 6, "De Documentación de la Fuerza Aérea".

CONSIDERANDO:

La necesidad de contar con una publicación que sirva como texto de consulta, tanto para efectos de instrucción como para su empleo por las tripulaciones de vuelo, en la aplicación de técnicas y procedimientos en la ejecución del Vuelo por Instrumentos.

RESUELVO:

A.- Derógase el "Manual de Vuelo por Instrumentos", aprobado por Resolución F.A.CH. (C.J.) Nº E -0086, de fecha 30.ENE.2008.

B.- Apruébase en carácter experimental el siguiente reglamento en la forma que se indica:
  a.- Nombre: Manual de Vuelo por Instrumentos.
  b.- Designación: Serie "C" Nº 89.
  c.- Clasificación: Público.
  d.- Organismo encargado de su actualización: Dirección de Operaciones, a través de la Dirección de Planificación y Doctrina.

C.- Las unidades aéreas institucionales deberán remitir a la Dirección de Operaciones, en un plazo de cuatro meses, contados desde la fecha de aprobación del mencionado reglamento, las observaciones que les mereciere el citado reglamento, orientadas a su perfeccionamiento.

D.- La Dirección de Operaciones deberá remitir el proyecto definitivo en un plazo de seis meses, contados desde la fecha de aprobación del mencionado reglamento.

Anótese y comuníquese. FDO. LEOPOLDO MOYA NAVARRO, General de Aviación, COMANDANTE EN JEFE SUBROGANTE.

B.F.I.

1 FACTOR HUMANO 1

1.1 SISTEMAS SENSORIALES 2
1.1.1 Sistema Visual 2
1.1.2 Sistema Vestibular 13
1.1.3 Sistema Propioceptivo 19
1.2 DESORIENTACIÓN ESPACIAL (D.E.) / SPATIAL DISORIENTATION (S.D.) 20
1.2.1 Generalidades 20
1.2.2 Definiciones 21
1.2.3 Concepto 21
1.2.4 Factores involucrados 21
1.2.5 Tipos de Desorientación Espacial 22
1.2.6 Prevención de Desorientación Espacial 23
1.2.7 Técnicas Para Combatir Un Fenómeno de D.E. 25
1.3 ALERTA SITUACIONAL (A.S.) / SITUATIONAL AWARENESS (S.A.) 25
1.3.1 Definición 25
1.3.2 Causas de Perdida de A.S. 26
1.3.3 Como Mantener una Buena A.S 27
1.3.4 Recuperando La A.S. 28
1.3.5 Toma De Decisiones (T.D.) 28
1.3.6 Pasos Para Una Buena T.D 29
1.3.7 Actitudes Peligrosas 29
1.3.8 Proceso de T.D. En Vuelo 29
1.4 CREW- COCKPIT RESOURCE MANAGEMENT (C.R.M.) 30
1.4.1 Recursos Humanos 30
1.4.2 Equipamiento 31
1.4.3 Carga de Trabajo 31

2 INSTRUMENTOS DE VUELO 32

2.1 SISTEMA ESTÁTICO PITOT- (S.E.P.) 32
2.1.1 Definiciones. 33
2.1.2 Componentes de un S.E.P. Convencional. 33
2.1.3 Errores del Sistema Estático Pitot 35
2.1.4 Velocímetro 38
2.1.5 Altímetro 44
2.1.6 Variómetro 53
2.2 CENTRAL AIR DATA COMPUTER (C.A.D.C) 54
2.2.1 Descripción 54
2.2.2 Componentes 55
2.2.3 Salidas De Datos De Aire 55
2.2.4 Errores Inherentes Del Sistema 56
2.3 COMPASES 57
2.3.1 Magnetismo Básico 57
2.3.2 Magnetismo Terrestre 57
2.3.3 Compás Magnético 59
2.3.4 Errores del Compás Magnético 61
2.3.5 Limitaciones 64
2.4 GIRÓSCOPOS E INSTRUMENTOS GIROSCÓPICOS 64
2.4.1 Generalidades 64
2.4.2 Tipos De Montaje 66
2.4.3 Fuentes De Poder 67
2.4.4 Uso De Los Giróscopos 67
2.4.5 Indicador de Viraje 69
2.4.6 Sistemas de Compases Giro-Estabilizados 71
2.4.7 Otros Componentes 74
2.4.8 Corrección de Latitud 74
2.4.9 Errores de los Sistemas de Compases 75

2.5 ATTITUDE AND HEADING REFERENCE SYSTEMS (AHRS) 75
2.6 DIRECTOR DE VUELO 76
2.6.1 Indicador Director De Actitud / Attitude Director Indicador- (A.D.I.) *77*
2.6.2 Indicador De Situación Horizontal / Horizontal Situation Indicador- (H.S.I.) *78*
2.6.3 Computador del Director de Vuelo *79*
2.7 HEAD UP DISPLAY (HUD) 80
2.7.1 Uso General del HUD *81*
2.7.2 Indicaciones del HUD en el vuelo por Instrumentos *81*
2.7.3 Escala de Trayectoria de Vuelo *82*
2.7.4 Otras Escalas *82*
2.7.5 Información de Navegación del HUD *83*
2.7.6 Información Ausente *83*
2.7.7 Vuelo Por Instrumentos *84*
2.7.8 Limitaciones del HUD *86*
2.8 RADIO ALTÍMETRO O RADAR ALTÍMETRO 86
2.8.1 Utilización del Radio Altímetro *86*
2.8.2 Componentes *86*
2.8.3 Principio de Funcionamiento *87*
2.8.4 Indicadores *87*
2.8.5 Consideraciones Para su Operación *88*
2.9 SISTEMAS DE ANGULO DE ATAQUE 88
2.9.1 Definiciones *88*
2.9.2 Ventajas de los Indicadores de Angulo de Ataque *89*
2.9.3 Limitaciones del Sistema de Angulo de Ataque *89*
2.9.4 Tipos y consideraciones específicas *90*
2.10 GLASS COCKPIT 90
2.11 AIRBORNE COLLISION AVOIDANCE SYSTEM (A.C.A.S.) 91
2.11.1 Generalidades *91*
2.11.2 Tipos De ACAS *93*
2.11.3 Operación Del Sistema (TCAS) *93*
2.11.4 Respondiendo a avisos del A.C.A.S. *94*
2.11.5 Simbología Del A.C.A.S. *96*
2.11.6 Aviones Sin Equipo A.C.A.S. *96*
2.12 SISTEMA DE CONOCIMIENTO Y ALERTA DE TERRENO (TAWS) 97
2.12.1 Ground Proximity Warning System (GPWS) o Sistema de Alerta de Proximidad con el Terreno. *97*
2.12.2 Enhanced Ground Proximity Warning System (EGPWS). *97*
2.12.3 Clases de TAWS *98*

3 VUELO BÁSICO 100

3.1 VUELO BÁSICO AVIÓN 100
3.1.1 Introducción *100*
3.1.2 Generalidades *100*
3.1.3 Clasificación de los Instrumentos de Vuelo *100*
3.1.4 Procedimiento de Control y Performance *102*
3.1.5 Control de Actitud *103*
3.1.6 Control de Potencia *104*
3.1.7 Técnica de Compensación *104*
3.1.8 Capacidades Básicas A Desarrollar Por Un Piloto *104*
3.1.9 Técnicas de Cross-check *105*
3.1.10 Interpretación de los instrumentos. *106*
3.1.11 Control de la aeronave *107*
3.1.12 Tipos De Cross-Check. *108*
3.1.13 Errores comunes durante el cross check. *110*
3.1.14 Técnicas De Corrección. *112*
3.2 MANIOBRAS BÁSICAS EN AERONAVES DE ALA FIJA 113
3.2.1 Consideraciones Previas Al Vuelo *113*

3.2.2 Virajes 125
3.2.3 Virajes A Razón 130
3.2.4 Virajes A Rumbos 133
3.2.5 Ascensos Y Descensos A Razón Constante 134
3.2.6 Cambios De Velocidad En Viraje 134
3.2.7 Virajes Ascendiendo Y Descendiendo A Velocidad Constante 135
3.2.8 Figuras "S" 135
3.2.9 Virajes Por Tiempo (Falla de Compases) 138
3.2.10 Figura De Vuelo 139
3.2.11 Penetración En Aire Turbulento 143
3.2.12 Recuperación De Actitudes Anormales 143
3.2.13 Panel Parcial 144
3.2.14 Maniobras De Confianza 144
3.3 VUELO BÁSICO HELICÓPTEROS 145
3.3.1 Introducción 145
3.3.2 El Concepto "Control Y Performance" 146
3.3.3 Procedimientos En Tierra 149
3.3.4 En Vuelo Estacionario 149
3.3.5 Despegue 150
3.3.6 Montada 151
3.3.7 Vuelo Recto Y Nivelado 153
3.3.8 Virajes 156
3.3.9 Virajes Escarpados 159
3.3.10 Cambios De Velocidad 159
3.3.11 Ascensos Y Descensos 160
3.3.12 Descenso En Ruta 161
3.3.13 Descenso De Emergencia (Autorrotación) 161
3.3.14 Actitudes Anormales 163
3.3.15 Ingreso inadvertido en condiciones IMC. 165
3.3.16 Aproximaciones Instrumentales 165
3.3.17 Circuitos De Espera 167
3.3.18 Aproximaciones Frustradas 167
3.3.19 Vuelo Instrumental Nocturno 167
3.4 USO DEL HUD EN EL VUELO POR INSTRUMENTOS 168

4 RADIOAYUDAS, SISTEMAS DE NAVEGACIÓN Y SISTEMAS DE VIGILANCIA. .170

4.1 PRINCIPIOS DE RADIO 170
4.1.1 Características de las ondas 170
4.2 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO Y SU USO 171
4.2.1 Comunicaciones Aéreas 171
4.2.2 Ayudas a la Navegación 171
4.3 AUTOMATIC DIRECTION FINDER (A.D.F.) 172
4.3.1 Componentes 172
4.3.2 Principio de Operación 172
4.3.3 Prueba Del Equipo ADF En Tierra 174
4.3.4 Cajas de Control 174
4.3.5 Operación General de un ADF 174
4.3.6 Errores del Radio-Compás 174
4.3.7 El Equipo Terrestre N.D.B. (NON DIRECTIONAL BEACON) 176
4.3.8 Tolerancias 176
4.4 V.H.F. OMNIDIRECTIONAL RANGE- (V.O.R.) 177
4.4.1 Generalidades 177
4.4.2 Componentes 177
4.4.3 Prueba Del Equipo VOR En Tierra 177
4.4.4 Tipos de VOR 178
4.4.5 Emisión de Frecuencia 181
4.4.6 Identificación 181

4.4.7 Funcionamiento del VOR 182
4.4.8 Radiales 183
4.4.9 Cursos 183
4.4.10 Componentes De Un Equipo V.O.R. En El Avión 184
4.5 DISTANCE MEASUREMENT EQUIPMENT (D.M.E.) 186
4.5.1 Generalidades 186
4.5.2 Prueba Del Equipo DME En Tierra 186
4.5.3 Funcionamiento 187
4.5.4 Equipo en tierra 188
4.5.5 Equipo En El Avión 188
4.5.6 Limitaciones del DME 190
4.6 INSTRUMENT LANDING SYSTEM- (I.L.S.) 191
4.6.1 Generalidades 191
4.6.2 Equipos Terrestres 191
4.6.3 Prueba Del Equipo ILS 191
4.6.4 Transmisores de Trayectoria de Planeo 193
4.6.5 DME 194
4.6.6 Marcadores (MARKER BEACONS) 195
4.6.7 Radiofaros Localizadores (Compass Locator) 196
4.6.8 Mínimos I.L.S. 197
4.6.9 Equipos en el Avión 197
4.6.10 Componentes I.L.S. Inoperativos 197
4.6.11 Errores Del Sistema I.L.S. 198
4.7 SISTEMAS DE LUCES DE APROXIMACIÓN Y DE PISTA 199
4.7.1 Approach Lighting System (A.L.S.) 199
4.7.2 Visual Approach System Indicator (V.A.S.I.) 202
4.7.3 Precision Approach Path Indicator (P.A.P.I.) 204
4.7.4 Indicador de Trayectoria Tricolor 204
4.7.5 Pulse Visual Approach System Indicator (P.V.A.S.I.) 205
4.7.6 Indicador de trayectoria por alineamiento de elementos 205
4.7.7 Runway End Identifier Lights (R.E.I.L.) 206
4.7.8 Sistemas de Iluminación de Borde de Pista 207
4.7.9 Sistema de Iluminación Interior de Pista 207
4.8 RADAR 208
4.8.1 Principio de Funcionamiento 208
4.8.2 Componentes Básicos 209
4.8.3 Tipos de Radar 210
4.8.4 Otros Tipos de Radar 212
4.8.5 Utilización del Radar 213
4.8.6 Aproximación Por Radar 214
4.8.7 Limitaciones De Los Sistemas De Radar 214
4.9 SELECTIVE CALLING – SELCAL 215
4.9.1 Funcionamiento 215
4.9.2 Limitaciones 216
4.10 VIGILANCIA DEPENDIENTE AUTOMÁTICA (AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE) - ADS 217
4.10.1 Vigilancia Dependiente Automática por Contrato (Automatic Dependent Surveillance– Contract) - ADS-C 217
4.10.2 Vigilancia Dependiente Automática Transmitida (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast) - ADS-B 219
4.11 MULTILATERALIZACIÓN (MLAT) 225
4.12 ADS-X 226
4.13 FLIGHT MANAGEMENT SYSTEM - (F.M.S.) 227
4.13.1 Descripción 227
4.13.2 Función Del F.M.S. 228
4.14 INERTIAL NAVIGATION SYSTEM (I.N.S.) 229
4.14.1 Descripción 229

4.14.2 Operación 229
4.14.3 Errores del INS 230
4.15 SISTEMA DE NAVEGACIÓN DOPPLER 231
4.16 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO Y NAVEGACIÓN POR SATÉLITE 231
4.16.1 GNSS. 232
4.16.2 GPS diferencial (DGPS) 246
4.16.3 GPS Asistido (AGPS) 246
4.17 SISTEMAS DE AUMENTACIÓN SATELITAL 247
4.17.1 Sistema de Aumento Basado en Aeronaves ABAS (Aircraft - Based Augmentation System). 247
4.17.2 Sistema de aumentación basado en satélites: SBAS (Satellite - Based Augmentation System). 249
4.17.3 Sistema de aumento basado en tierra: GBAS o GLS (GNSS Landing System) 251
4.18 PERFORMANCE BASED NAVIGATION- PBN (NAVEGACIÓN BASADA EN LA PERFORMANCE). 253
4.18.1 Concepto Navegación Basada en la Performance. 253
4.18.2 RNAV (Navegación de Área) 255
4.18.3 RNP (Required Navigation and Performance) 263
4.18.4 Funcionalidades de viraje especiales en la performance 267
4.18.5 Trayectoria lateral desplazada 269
4.18.6 Circuitos de espera RNAV 270
4.18.7 Bases de datos 270
4.18.8 Determinación lateral 272
4.18.9 Determinación vertical 273
4.18.10 Modos de operación del sistema RNAV (sensibilidad del CDI) 273
4.19 TLS (TRANSPONDER LANDING SYSTEM) 274
4.19.1 Funcionamiento 275
4.19.2 Diferencias entre ILS y TLS 277
4.20 TIPOS DE APROXIMACIONES. 277
4.20.1 Aproximaciones convencionales. 277
4.20.2 Aproximaciones RNAV 278
4.20.3 Aproximaciones RNAV fuera de Chile 284

5 PROCEDIMIENTOS DE VUELO 290

5.1 HOMING 290
5.2 CALCULO DE TIEMPO Y DISTANCIA A LA ESTACION 291
5.2.1 Generalidades 291
5.2.2 Procedimiento de cuadrantes 291
5.2.3 Errores Comunes 297
5.3 DIRECTO A LA ESTACIÓN 297
5.4 PASADA SOBRE LA ESTACION 299
5.5 INTERCEPTACIÓN DE CURSO 300
5.5.1 Rumbo de interceptación 300
5.5.2 Angulo de interceptación 300
5.5.3 Razón de interceptación 301
5.5.4 Completando la interceptación 301
5.6 INTERCEPTACIÓN EN ACERCAMIENTO, R.M.I.- H.S.I. 301
5.6.1 Errores comunes. 306
5.6.2 Interceptación En Acercamiento, Carátula Fija O Con Falla De RMI- HSI. 306
5.7 INTERCEPTACIÓN EN ALEJAMIENTO R.M.I.- H.S.I. 310
5.7.1 Errores comunes: 314
5.7.2 Interceptaciones en alejamiento, carátula fija o con falla de RMI- HSI 314
5.8 MANTENCIÓN DE CURSO 318
5.8.1 Errores comunes: 319
5.9 INVERSIÓN DE CURSO 321
5.10 PROCEDIMIENTOS VOR / DME 323

D.R.I.

5.10.1 Cálculo De La Velocidad Terrestre (VT) 323
5.10.2 Interceptaciones de Radial a Arco 324
5.10.3 Mantención de Arco 328
5.10.4 Interceptación Arco a Radial 331
5.10.5 Paso Sobre Una Estación VOR / DME 334
5.10.6 Circuitos de Espera VOR/DME 335
5.10.7 Procedimiento Punto A Punto (Fix to Fix) 337
5.11 PROCEDIMIENTOS I.L.S. 340
5.11.1 Aproximación ILS 340
5.11.2 Procedimientos ILS 341
5.11.3 Uso de los Marker Beacon 343
5.11.4 Consideraciones Generales 343
5.11.5 Advertencias 344
5.11.6 Procedimiento De Aproximación ILS Con Falla De Compases 344
5.12 PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACIÓN CON RADAR 345
5.12.1 Guía vectorial 345
5.12.2 Interceptaciones de Radioayudas de Aproximación 345
5.12.3 Monitoreo 345
5.12.4 Aproximaciones 346
5.12.5 Procedimiento de aproximación 346
5.13 RVSM - REDUCED VERTICAL SEPARATION MINIMUM 351
5.13.1 Requisitos generales para operar en Espacio Aéreo RVSM 352
5.13.2 Procedimientos RVSM 353
5.14 PROCEDIMIENTOS GNSS Y RNAV 360
5.14.1 Restricciones de Uso 360
5.14.2 Uso del GNSS o GPS como Substituto De Radioayudas 360
5.14.3 Uso GNSS como medio primario de navegación. 360
5.14.4 Diseño y procedimientos RNP APCH o RNAV (GNSS) 362

6 PLANIFICACIÓN DEL VUELO POR INSTRUMENTOS. 371

6.1 GENERALIDADES. 371
6.2 METEOROLOGÍA. 371
6.2.1 Información de Terminales (METAR / TAF). 371
6.2.2 Información de los pronósticos para vuelos bajo el Nivel Fl150 (GAMET). 372
6.2.3 Análisis de la información meteorológica. 372
6.2.4 Selección de Alternativas. 373
6.2.5 Oficina de Operaciones. 374
6.2.6 Planificación del Vuelo. 374
6.3 FORMULARIO PLAN DE VUELO 376
6.4 EQUIPO DE VUELO 376
6.4.1 Equipo Personal. 376
6.4.2 Publicaciones / AIP-Volumen II. 376
6.4.3 EFB (Electronic Flight Bag) 376
6.4.4 Otros 377
6.5 COMUNICACIONES 377
6.6 TIPOS DE NAVEGACIONES INSTRUMENTALES 378
6.6.1 Sobre Aerovías 378
6.6.2 Rutas RNAV 5 378
6.6.3 Sistemas Inerciales (INS). 381
6.6.4 GNSS / GPS. 381
6.6.5 Fuera de Aerovía (Directo) 382
6.7 OPERACIÓN EN TIERRA 382
6.7.1 Checks De Cabina 382
6.7.2 Autorización del Control de Tránsito Aéreo 383
6.8 CLASES DE ESPACIO AEREO 386
6.9 PROCEDIMIENTOS DE SALIDA 387
6.9.1 Introducción 387

R.I.

6.9.2 Salidas Instrumentales....389
6.9.3 Salidas por Radar....395
6.10 PROCEDIMIENTOS DE RUTA....396
6.10.1 Definiciones....396
6.10.2 Selección del Nivel de Vuelo....398
6.10.3 Comunicaciones....399
6.11 DESCENSO Y ARRIBO A UN TERMINAL AÉREO. 400
6.11.1 Planificación del Descenso y Aproximación....400
6.11.2 Rutas de arribo estándar a un terminal (STARs). 401
6.12 CIRCUITO DE ESPERA.....403
6.12.1 Ingreso a un Circuito de Espera....404
6.12.2 Velocidades en el circuito de Espera. 405
6.12.3 Procedimiento de Ingreso.....406
6.12.4 Control del Tiempo 409
6.12.5 Corrección de Viento Cruzado. 410
6.13 APROXIMACIONES BAJAS. 412
6.13.1 Generalidades 412
6.13.2 Descripción de una Aproximación....413
6.13.3 Franqueamiento de Obstáculos. 421
6.13.4 Simbología.....421
6.13.5 Planificación y Ejecución de una Aproximación....422
6.14 PENETRACIONES....433
6.14.1 Planificación y ejecución de una Penetración....433
6.15 ATERRIZAJE DESDE APROXIMACIONES INSTRUMENTALES 436
6.15.1 Generalidades 436
6.15.2 Planificación....437
6.15.3 Transición de Vuelo Instrumental a Visual....437
6.15.4 Angulo de Visión Descendente (DVA) 442
6.16 COORDINACIÓN DE TRIPULACIÓN....443
6.17 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES....445
6.17.1 Factores fisiológicos....445
6.17.2 Piloto Vuela la APP y Aterriza....446
6.17.3 Copiloto Vuela la APP y el Piloto Aterriza:....446
6.17.4 Piloto Automático Vuela la Aproximación hasta la DA / MDA....447
6.17.5 Técnicas para una transición segura. 447
6.17.6 Aproximación Estabilizada (Stabilized Aproach)....448
6.18 APROXIMACIÓN FRUSTRADA 449
6.18.1 Generalidades 449
6.18.2 Secuencia de una Frustrada 450
6.19 DETERMINACIÓN DEL MAPT....450
6.19.1 Aproximaciones de Precisión....450
6.19.2 Aproximaciones No-Precisas 450
6.19.3 Marker Beacons....451
6.19.4 Aproximaciones Radar 453
6.19.5 Instrucciones de Frustrada....453
6.20 APROXIMACIÓN CIRCULAR 453
6.20.1 Generalidades 453
6.20.2 Técnicas para Circular....458
6.20.3 Dos Virajes de 90°....460
6.20.4 Técnica de los 45°....461
6.20.5 Técnica de los 30°....462
6.20.6 Aproximación Frustrada desde El Circular....463

P.I.

1 FACTOR HUMANO

En la actualidad y gracias a los avances tecnológicos aplicados a la aviación, las aeronaves son construidas con altos estándares de calidad, lo que las hacen más confiables, con poca probabilidad de fallas mecánicas y con ayudas que facilitan la operación de sus sistemas por parte del piloto. Pero el piloto no ha sufrido cambios desde su creación, por lo que sus sistemas asumen a la superficie terrestre como el medio natural donde se debe desenvolver, considerando el aire como un medio extraño, frente al cual no está fisiológicamente preparado para actuar con naturalidad.

De lo anterior es simple concluir que la tasa de accidentes provocados por fallas mecánicas ha disminuido, lo que a su vez ubica al hombre, es decir, al factor humano, con sus limitaciones fisiológicas, como el causante de la mayoría de los accidentes de aviación.

Derivado de lo anterior radica la importancia del conocimiento y entendimiento que cada piloto debe tener de sus limitaciones fisiológicas y de las técnicas que permiten superarlas, especialmente en las relacionadas al vuelo instrumental, donde estas limitaciones, por factores que se analizarán, se ven acrecentadas.

Un piloto profesional no entrega al azar la planificación de un vuelo y considera todos los factores y variables que pueden influir sobre el desarrollo de éste. Usted como profesional no puede descuidar el factor humano. Hacerlo implicaría olvidar que usted no fue creado para desenvolverse en el aire y que no asume las limitaciones que esto implica.

Como una forma de guiarlo en el conocimiento que debe poseer del factor humano en este capítulo, se analizarán los sistemas sensoriales utilizados para la orientación y las ilusiones en vuelo asociadas a estos sistemas.

La fisiología asociada al vuelo es una ciencia muy amplia. En este capítulo usted tendrá un acercamiento a ella en aquellos aspectos que tienen una relación directa con el vuelo instrumental. Si desea ampliar sus conocimientos de esta materia, deberá consultar manuales especializados, de los que existe una gran variedad en circulación. Se sugiere y recomienda, el Manual de Fisiología publicado por el C.M.A.E. de la Fuerza Aérea de Chile.

B.F.I.

1.1 SISTEMAS SENSORIALES

Son aquellos sistemas o sentidos que nos permiten detectar físicamente la presencia de algún evento o estímulo externo que actué sobre nuestro organismo. Lo anterior al combinarlo con un proceso psicológico nos entrega la percepción, que es finalmente el impulso al que nuestro organismo reaccionará.

Es importante tener en consideración que la capacidad de percibir ciertos eventos será notoriamente afectada por características ambientales y por factores como el stress físico y psicológico. Esto reviste importancia en el desarrollo de un vuelo, donde el piloto es sometido a una alta carga de trabajo, especialmente mientras vuela orientado por los instrumentos y no por sus sentidos. Por lo tanto, no podemos desconocer que, mientras se está volando, existe la posibilidad clara de que se tenga una pérdida de las capacidades de percepción.

Los sistemas que más se relacionan e influyen sobre la actividad aérea son el visual, el vestibular y el propioceptivo, los que serán analizados a continuación **(Fig. 1-1)**.

Figura 1-1

1.1.1 Sistema Visual

1.1.1.1 Generalidades

Es el más importante dentro de los órganos del equilibrio y el de mayor fidelidad durante el vuelo instrumental, la información recibida por los ojos al observar los instrumentos de vuelo debe prevalecer a las falsas sensaciones provenientes de los otros sistemas sensoriales. Si este sistema no se toma en cuenta correctamente, falsas sensaciones pueden provocar que el piloto rápidamente se desoriente **(Fig. 1-2)**.

BETA

La única forma de contrarrestar esas falsas sensaciones es reconocer el problema y confiar completamente en los instrumentos, utilizando los ojos para adquirir la información proporcionada por éstos y con la interpretación de esta información, proceder a recuperar el avión. El piloto debe comprender el problema y tener la confianza suficiente para controlar el avión usando solo los instrumentos.

Visión se define como el proceso mediante el cual un estímulo luminoso es aislado e identificado en su forma, tamaño, volumen, color, ubicación en el espacio y movimiento. Esta función la cumple el sistema visual, cuyas estructuras componentes son: globo ocular, vía óptica, musculatura accesoria, párpados, sistema lagrimal, órbita y finalmente, el área visual occipital del cerebro.

Para “ver” se requiere la presencia de luz que al reflejarse sobre un objeto, va a penetrar a través de las estructuras transparentes del ojo hasta llegar a la retina **(Fig.1-3)**.

La retina posee las células especializadas, conos y bastones, encargadas de captar la información luminosa que será transmitida por la vía óptica hasta el área visual cerebral, zona que finalmente da la sensación de visión, por lo tanto, es el cerebro el que verdaderamente “ve”.

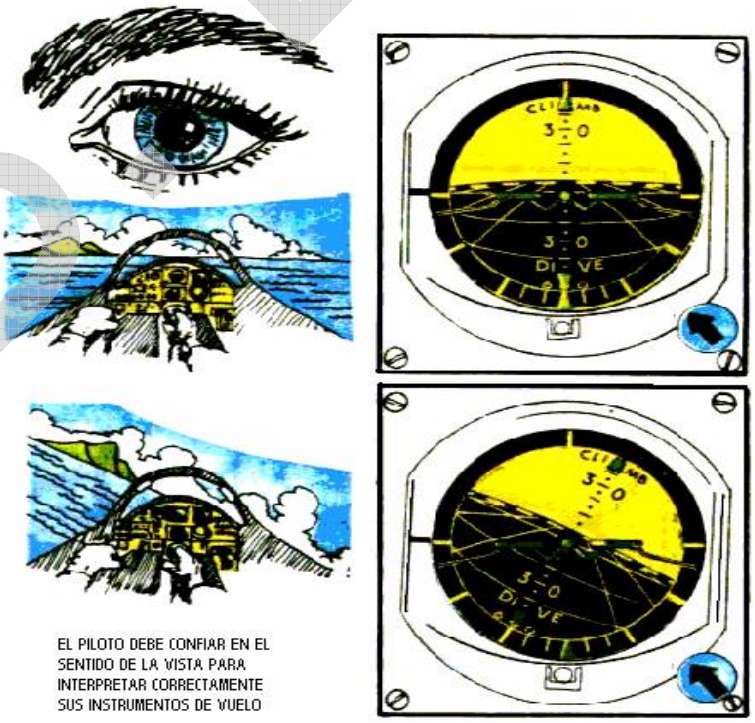


Figura 1-2. La visión es el sistema sensorial más confiable.

BETA

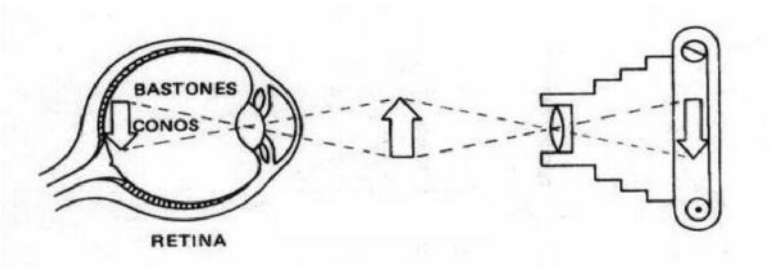


Figura 1-3. Comparación del ojo con una cámara fotográfica.

Los CONOS se ubican en el área central de la retina **(Fig. 1-4)**; son responsables de la visión diurna y permiten ver colores y detalles finos. No se estimulan a una baja intensidad de luz, por lo que en la noche esta zona de la retina no ve, perdiéndose la visión de detalle y colores.

Figura 1-4. Esquema del ojo.

En condiciones de baja intensidad luminosa actúan los BASTONES que se distribuyen en la retina periférica; sólo permiten la visión de sombras y bultos sin detalles ni color. Por lo mismo, la agudeza visual va decreciendo a medida que el estímulo es percibido por zonas más alejadas de la zona de los conos o central.

El sistema visual presenta limitaciones que desencadenan en ilusiones del mismo, las cuales son revisadas a continuación:

1.1.1.2 Ilusiones Visuales

Son aquellas percepciones erróneas del sistema visual que pueden ocurrir durante el vuelo y que son producidas por informaciones adquiridas por este sistema desde los instrumentos o del entorno que rodea al piloto.

A continuación se detallan las que ocurren en forma más frecuente y que pueden representar un riesgo para la seguridad de vuelo:

1.1.1.2.1 Indicaciones Verticales y Horizontales Falsas

Se producen cuando se vuela sobre capas inclinadas de nubes o terreno que se inclina gradualmente hacia arriba hasta convertirse en terreno montañoso. Las condiciones anteriores inducen al piloto a mantener como referencia este falso horizonte, lo que implica mantener inclinación alar con respecto al horizonte verdadero **(Fig. 1-5)**.

Figura 1-5. Nubes con topes planos inclinados.

La forma de evitar esta ilusión es mantener una constante supervisión sobre el instrumento de control que nos indique la actitud de la aeronave, pudiendo ser el horizonte artificial en algunos, o Indicador de actitud en otros, y esto a pesar de encontrarse en condiciones de vuelo visual.

1.1.1.2.2 Autokinesis

Se produce por la tendencia natural que tienen los músculos del ojo, los que involuntariamente lo mueven alrededor de una fuente de luz en la oscuridad. Este movimiento permite mantener la imagen en la retina. Si no se movieran, los químicos dentro del ojo no reaccionarían provocando la desaparición de la imagen. Considerando que estos movimientos son involuntarios, nuestro cerebro no los percibe y los interpreta como movimiento de la fuente de luz. Esto se traduce en que el piloto cree que está viendo otro avión cuando realmente está mirando una fuente de luz como puede ser un planeta o una estrella brillante **(Fig. 1- 6)**.

La forma de combatir esta ilusión consiste en mantener una revisión constante de los instrumentos para prevenir o recuperar algún error de percepción. Una forma de disminuir los efectos de este fenómeno consiste en aumentar el brillo, tamaño o número de luces, causar que éstas pestañeen, mover intencionalmente los ojos y eventualmente en forma leve, la cabeza.

El tiempo necesario para sufrir este fenómeno va de 6 a 12 seg.

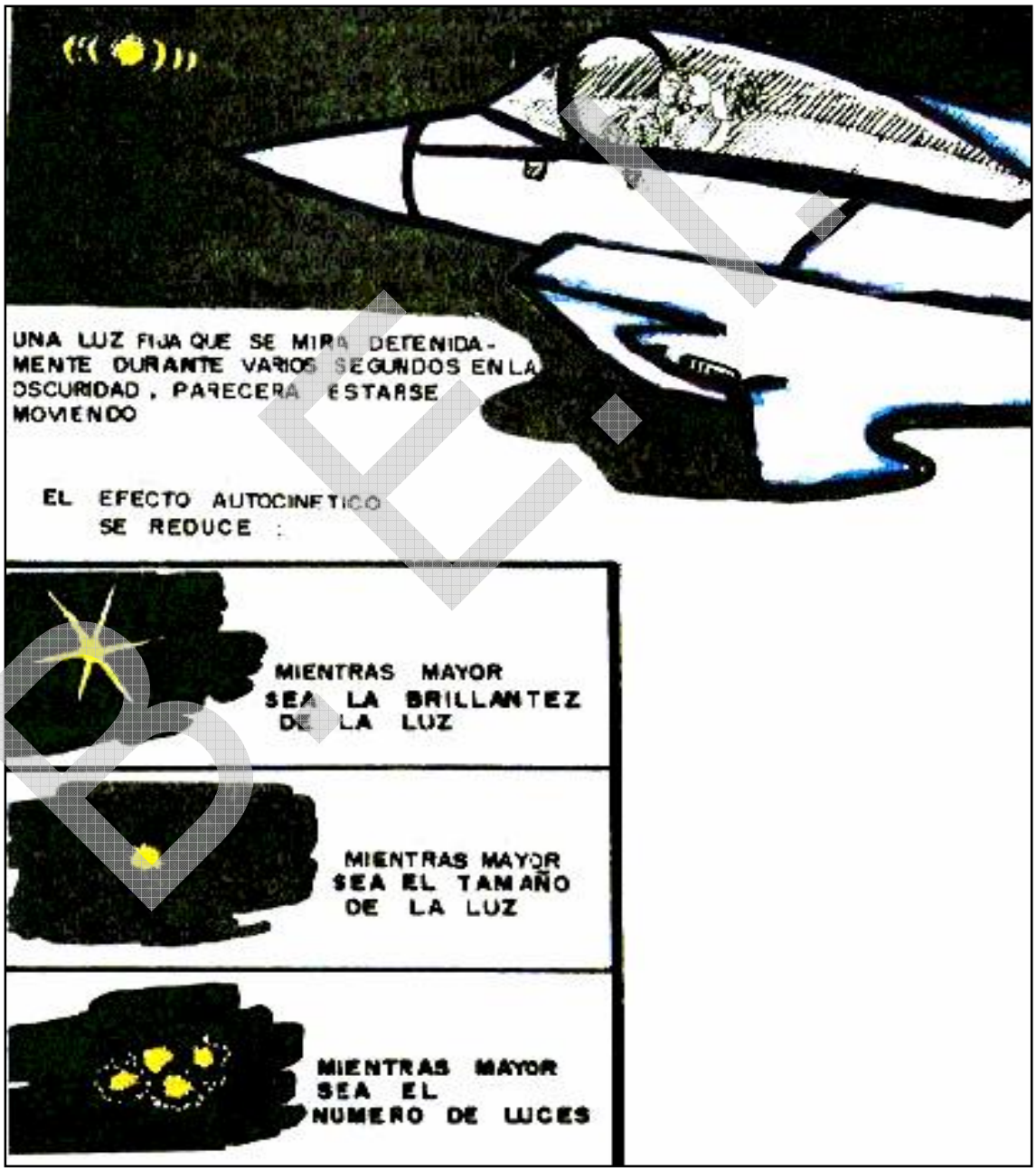


Figura 1-6. Ilusión de Autokinesis

1.1.1.2.3 Confusión de la Tierra y el Cielo

Se produce en noches despejadas, cuando no existe horizonte visible ni luna. Las luces en la tierra pueden ser confundidas con estrellas o viceversa.

Para evitar esta percepción es necesario mantener la actitud del avión en referencia a sus instrumentos.

1.1.1.2.4 Ilusión de Agujero Negro

Se produce al aproximar en la oscuridad a una pista iluminada desde el agua o terreno no iluminado. Esto provoca que la percepción de profundidad se pierda, ya que es imposible juzgar la altura sobre un terreno usando solo las luces de pista, provocando que el piloto vuele una aproximación continuamente más arrastrada, pudiendo impactar el terreno antes de la pista.

Para prevenir los efectos de este fenómeno es importante tener en cuenta algunas recomendaciones:

- Evite volar aproximaciones visuales prolongadas (sobre 15 segundos).
- Descienda hasta una altura segura y manténgala hasta estar en distancia de aproximación para el aterrizaje. Este fenómeno desaparece dentro de las 3 millas hacia la pista.
- Controle en forma constante la velocidad y la razón de descenso.
- Mantenga siempre como referencia las luces de aproximación visual.

1.1.1.2.5 Movimiento Relativo

Esta ilusión se genera por el movimiento de otra aeronave en relación a la propia. Un ejemplo de esto es la sensación que se nos produce al ser sobrepasados por otro avión, lo que nos puede crear la ilusión de que nuestra aeronave está desacelerando.

La forma correcta de evitar esta ilusión es observar momentáneamente otro objeto.

1.1.1.2.6 Movimiento Inducido

Esta ilusión consiste en percibir el movimiento de objetos que en realidad no lo están, al estar otros físicamente moviéndose. Este fenómeno es común al no existir referencias visuales distintas al objeto

B.F.I.

observado y que provoca la ilusión. Un ejemplo de lo anterior puede ser la ilusión que se le presenta a un piloto al percibir que una luz está ascendiendo, cuando en la realidad lo que está sucediendo es que su aeronave se encuentra en descenso.

La forma de evitar esta ilusión es aumentar los elementos referenciales.

1.1.1.2.7 Vértigo por Luz Intermitente

Esta ilusión es poco común y se le produce a algunos individuos que son susceptibles al efecto de luces intermitentes, pudiendo sufrir sensaciones inusuales producto de la luz pasando a través de las palas, del rotor o una hélice o bien por las luces estroboscópicas. Luces intermitentes con frecuencia desde 4 hasta 20 veces por segundo pueden producir nauseas, adormecimiento general, convulsiones e incluso inconsciencia en esos individuos.

La forma de evitar este tipo de ilusiones es limitar el uso de las luces estroboscópicas u otras que produzcan destellos sólo a vuelo diurno o cuando las condiciones meteorológicas no produzcan reflexiones de las mismas.

1.1.1.3 Ilusiones de Pista

1.1.1.3.1 Ancho de Pista

Una pista más angosta de la acostumbrada, produce la ilusión de que el avión está más alto de lo real. Esto induce a volar una aproximación más baja, con el riesgo de impactar algún obstáculo durante la aproximación o aterrizar antes de ésta **(Fig. 1-7**).

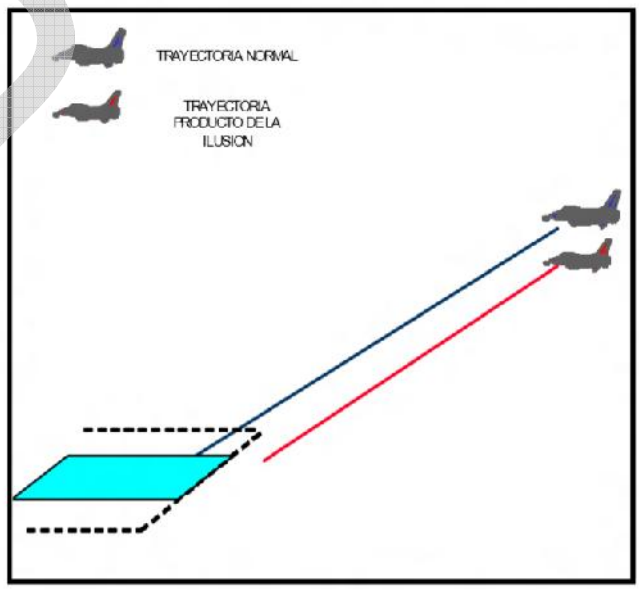


Figura 1-7. Ilusión de pista angosta.

B.E.I.

A su vez, una pista más ancha de la acostumbrada tiene el efecto contrario, con el riesgo de quebrar planeo alto y sufrir un aterrizaje brusco o flotar provocando un sobrepase del punto de toque de ruedas **(Fig. 1- 8)**.

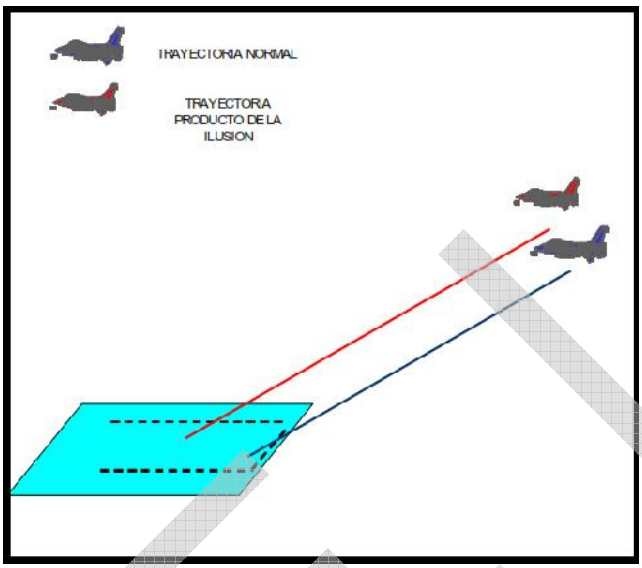


Figura 1-8. Ilusión de pista ancha

1.1.1.3.2 Largo de Pista

Una pista más larga de lo acostumbrado, genera la ilusión de encontrarse alto con respecto a una aproximación efectuada en una pista de operación cotidiana. Esto provocará que el piloto efectué una aproximación más baja para sentirse cómodo.

Al ser la pista, a la que se aproxima más corta de lo acostumbrado, se genera la ilusión de encontrarse bajo la trayectoria de aproximación, por lo que el piloto efectuará una aproximación más alta de lo que se requiere.

1.1.1.3.3 Gradiente de Pista

Una pista en bajada (gradiente negativo) provoca la ilusión de estar efectuando una aproximación arrastrada, por lo que el piloto tiende ir sobre la trayectoria normal de aproximación para sentirse cómodo **(Fig. 1- 9)**.

Una pista en subida (gradiente positivo), por el contrario, genera la percepción de estar efectuando una aproximación pronunciada, por lo que el piloto tiende a volar bajo la trayectoria normal de aproximación **(Fig. 1- 10)**.

B.E.I.

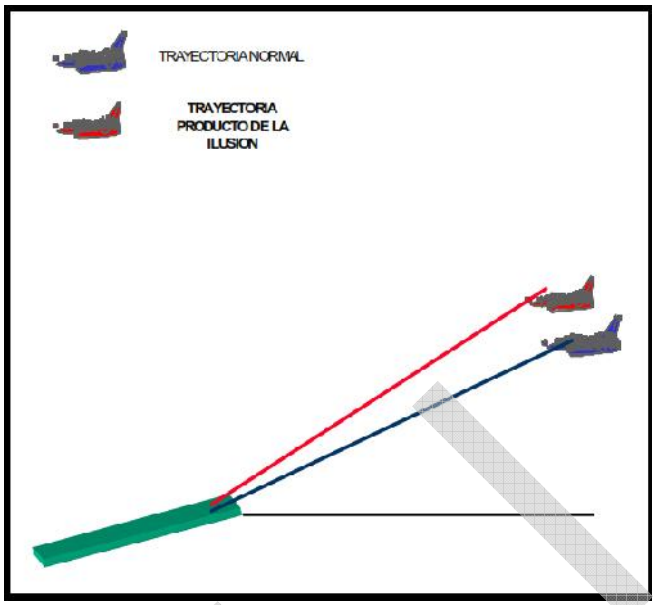


Figura 1-10. Ilusión gradiente negativo.

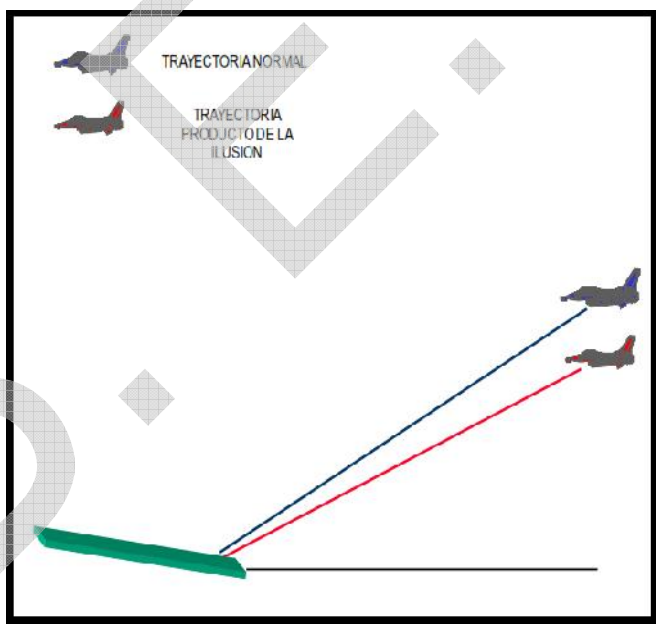


Figura 1-9. Ilusión gradiente positivo.

1.1.1.3.4 Gradiente del Terreno antes de la Pista

Si el terreno anterior a la pista presenta una gradiente positiva, al acercarse a ésta se creará la ilusión de estar en una trayectoria alta, por lo que la tendencia será volar bajo la trayectoria **(Fig. 1-11)**.

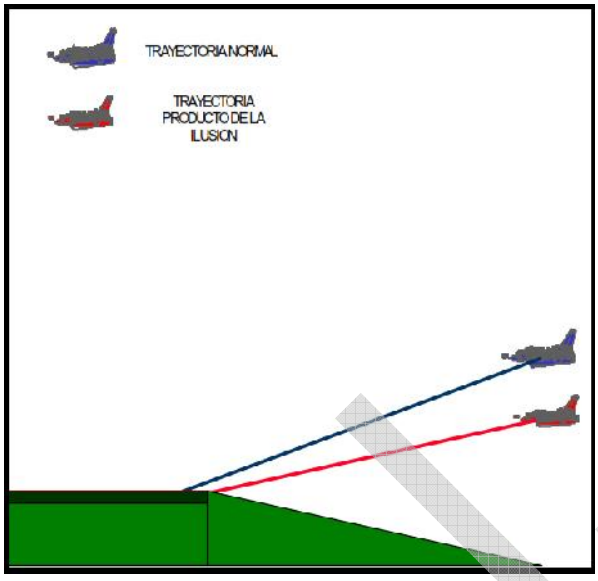


Figura 1-11. Ilusión terreno (gradiente positivo) antes de la pista.

Por el contrario si el terreno anterior a la pista presenta una gradiente negativa, al acercarse a ésta se inducirá la ilusión de encontrarse en una trayectoria baja, por lo que la tendencia será a volar sobre la trayectoria ideal (**Fig. 1- 12)**.

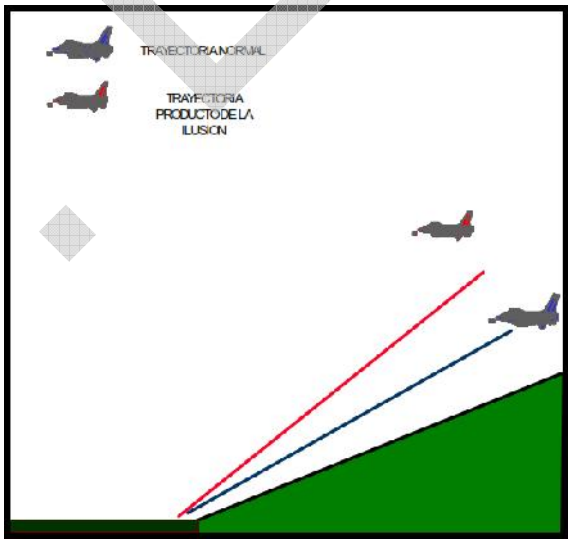


Figura 1-12. Ilusión terreno (gradiente negativo) antes de la pista.

1.1.1.3.5 Efectos de fenómenos meteorológicos asociados a las Ilusiones Visuales

- Lluvia: Reduce brillo y claridad. Da la ilusión de venir alto en la aproximación.

- Nieve: Reduce el contraste por lo que se hace difícil identificar las demarcaciones de pista, afectando a la percepción de profundidad.
- Niebla: Cuando está a baja altura, el piloto perderá la mayoría de sus referencias visuales al entrar a ésta. La niebla reduce la intensidad de las referencias visuales provocando la ilusión de estar alto y lejos de la pista.
- Neblina / Humo: Provoca que los objetos se vean borrosos. Reduce el contraste de colores haciendo que éstos parezcan más lejanos, dando la ilusión de estar alto.

1.1.1.4 Visión Nocturna

En vuelo nocturno, nuestros ojos usan los bastones como fuente primaria de visión, ya que los conos no cuentan con la luminosidad suficiente para activarse. Esto implica que perdemos agudeza visual y la capacidad de ver en colores, lo que afecta directamente a la percepción de profundidad. Este efecto provoca que se tienda a juzgar distancia en referencia al brillo de las luces. Luces brillantes aparecen más cercanas. Por ejemplo, al disminuir o aumentar la intensidad de las luces de pista, ésta parecerá más cercana o lejana, de acuerdo a lo descrito.

Durante la noche, el hombre pierde su naturaleza de 3 dimensiones. La única forma de determinar distancia es el tiempo que se requiere para viajar entre un punto y otro. Es necesario recordar que nuestros ojos sólo pueden juzgar distancia hasta alrededor de 40 pies.

La relación principal entre la utilización de la visión nocturna y el vuelo instrumental está dada en los momentos de transición de vuelo instrumental a vuelo visual, etapa que resulta clave al momento de decidir aterrizar o frustrar una aproximación. De lo anterior se genera la importancia de respetar las consideraciones para una mejor utilización de este tipo de visión en la que el hombre enfrenta una serie de limitaciones.

Con el fin de que los ojos obtengan una adaptación óptima para vuelo nocturno, se requiere de un tiempo de 30 a 45 minutos en un ambiente de iluminación mínima. Mientras más baja sea esta iluminación, menor es el tiempo requerido. Algunas recomendaciones para completar este proceso son:

- Evite la inhalación de monóxido de carbono proveniente de cigarrillos o gases de escape.
- Incluir vitamina A en la dieta.
- Ajuste la iluminación de los instrumentos y cabina al mínimo posible.

- Evite una exposición prolongada a luz brillante
- Use oxígeno en vuelos sobre 5000 pies.

Los mayores problemas de visión nocturna ocurren generalmente cuando está muy oscuro, sin luna y sin horizonte visible, provocándose por estos motivos una gran cantidad de las ilusiones analizadas en el presente capítulo.

1.1.2 Sistema Vestibular

1.1.2.1 Generalidades

La función de este sistema consiste en entregar información de aceleraciones lineales y angulares al sistema visual, ayudando a la estabilización de los ojos cuando la cabeza o el cuerpo se mueven. De lo contrario el resultado sería una visión borrosa. El segundo propósito es, en la ausencia de visión, entregar una percepción de posición y movimiento, la que es bastante confiable en tierra. Sin embargo, en vuelo este sistema puede no darnos una orientación real. Para entender el cómo esta información puede ser errónea, debemos conocer 2 sensores: Los canales semicirculares y los órganos otolitos del oído interno.

1.1.2.1.1 Canales Semicirculares

Responden al estímulo de aceleración angular. Los conductos contienen en su interior un líquido llamado endolinfa que se mueve en relación a las paredes de los conductos. Cuando se aplican aceleraciones angulares a la cabeza, el movimiento de la endolinfa produce desviación de la cúpula, que a su vez dobla los filamentos ciliares de las células de vellos. Cuando los filamentos se doblan, los impulsos nerviosos pasan al cerebro, transmitiendo el movimiento circular. Las aceleraciones en pitch, roll o yaw pueden ser detectadas, ya que los 3 canales están en ángulo recto entre sí. Considerando que están diseñados para movimientos en la tierra, en vuelo pueden experimentar errores de percepción como por ejemplo, aceleraciones muy pequeñas no pueden ser detectadas y pueden llevar a una actitud del avión no deseada.

Adicionalmente aceleraciones angulares experimentadas en vuelo pueden ser diferentes de las experimentadas en tierra, llevando al piloto a interpretar erróneamente la información entregada por el canal.

1.1.2.1.2 Órganos Otolitos

Estos reaccionan a las aceleraciones lineales y a la gravedad, las que actúan sobre una membrana otolítica desplazándola y doblando los filamentos de las células acústicas, transformándose en un impulso nervioso que llega al cerebro con la información de posición vertical de la cabeza con relación a la fuerza de gravedad **(Fig. 1-13)**.

Debemos considerar que en vuelo existen otras fuerzas y provocadores de aceleraciones lineales que se combinan con la de gravedad; por lo tanto, la dirección de la fuerza resultante que actúa sobre las membranas otolíticas no siempre corresponde a la posición verdadera, por lo que el cerebro se engañará varias veces durante el vuelo.

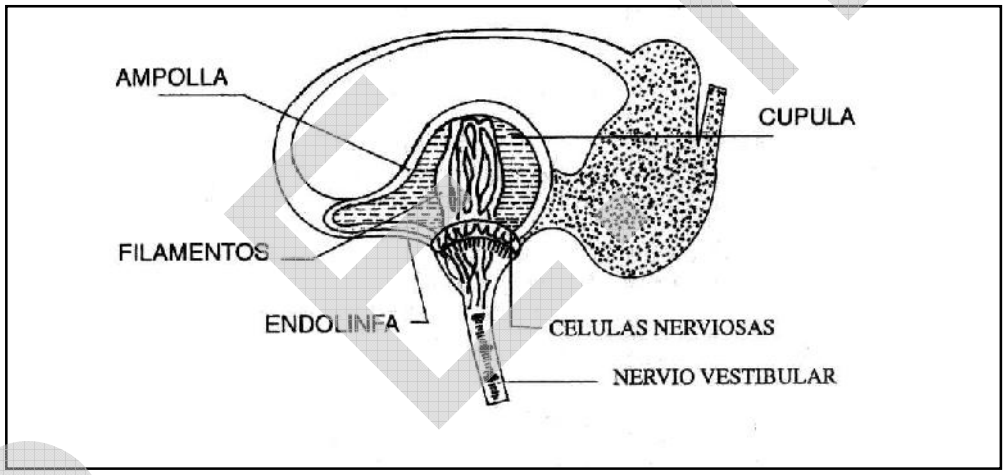


Figura 1-13 Esquema órganos otolitos.

1.1.2.2 Ilusiones del Sistema Vestibular

1.1.2.2.1 Inclinaciones o Sensación de viraje

Corresponde a la ilusión más frecuente atribuida a los canales semicirculares, conocida también como “leans” en inglés. Para la percepción de aceleración angular, por parte de los canales semicirculares, la velocidad de rotación debe ser por sobre 2,5 grados por segundo, lo que se conoce como “umbral de estimulación". Las “inclinaciones” se inician con una rotación o inclinación alar por debajo del umbral de estimulación. Cuando esta "inclinación" es finalmente observada por el Piloto, en el indicador de actitud, éste tenderá a corregir la actitud, mediante un movimiento que sobrepasa el umbral de estimulación, siendo percibido como tal. Como el primer movimiento no fue percibido por los sensores y el segundo si, el Piloto quedará con la sensación desagradable de inclinación alar en sentido contrario, aunque

los instrumentos le indiquen que la aeronave se encuentre nivelada, haciendo que el piloto tienda a “inclinarse” subconscientemente en la dirección de la primera rotación no percibida y de ahí el nombre que se le ha dado a esta ilusión **(Fig. 1-14)**.

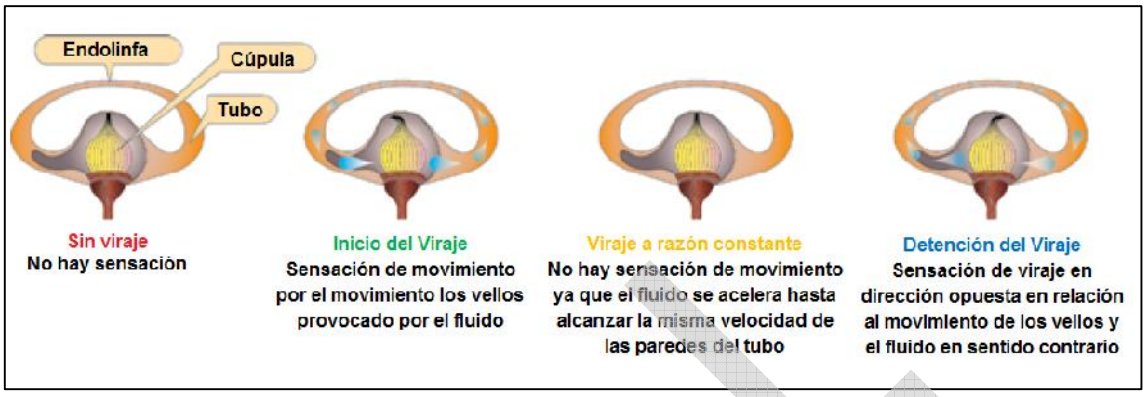


Figura 1-14 Representación de un viraje en el sistema vestibular.

1.1.2.2.2 Spin Mortal

Cuando los conductos semi-circulares son estimulados por la aceleración angular, junto con la entrada en spin, la primera impresión del piloto es correcta, es decir, percibe al spin. Después de 10 a 20 segundos sin embargo, la endolinfa alcanza la velocidad con las paredes de los conductos y la cúpula retorna a la posición reposada. De allí en adelante, la sensación después es reemplazada por una sensación de movimiento no giratorio, pese al hecho de que el spin continúa.

Si en este momento el piloto trata de detener el spin accionando el timón de dirección opuesto, se someterá a una desaceleración angular que actuará sobre sus conductos semicirculares, produciendo una sensación de spin en la dirección opuesta, aunque no haya estado girando después de haber tomado la medida correctiva. Sufriendo la ilusión Spin en la dirección opuesta. El piloto posiblemente tratará de corregir su falsa impresión poniendo el avión en el spin original **(Fig. 1-15)**.

1.1.2.2.3 Espiral Mortal

El mecanismo de la espiral mortal es muy similar a la del spin mortal. La diferencia estriba en que durante la espiral el avión continúa volando sin entrar en pérdida. Si el piloto permanece en un viraje de régimen constante durante determinado período de tiempo, perderá la sensación de estar girando al regresar la cúpula a la posición reposada.

Al notar la disminución de altura (causada por la disminución en la sustentación producida por la inclinación lateral del avión), moverá el bastón o caña hacia atrás aumentando quizás la potencia, en un

intento por recobrar la altitud perdida. A menos que el piloto tenga la presencia de ánimo para corregir la primera posición inclinada del avión, tal maniobra sólo servirá para acelerar una espiral descendente.

Una vez iniciada la espiral, al piloto le parecerá estar girando en dirección opuesta si trata de detener el movimiento giratorio del avión. En estas circunstancias, un piloto inexperto pudiera no tomar la acción correctiva adecuada y podría continuar acelerando la espiral tratando de obtener una buena referencia visual o finalmente, estrellándose. **(Fig. 1-15)**

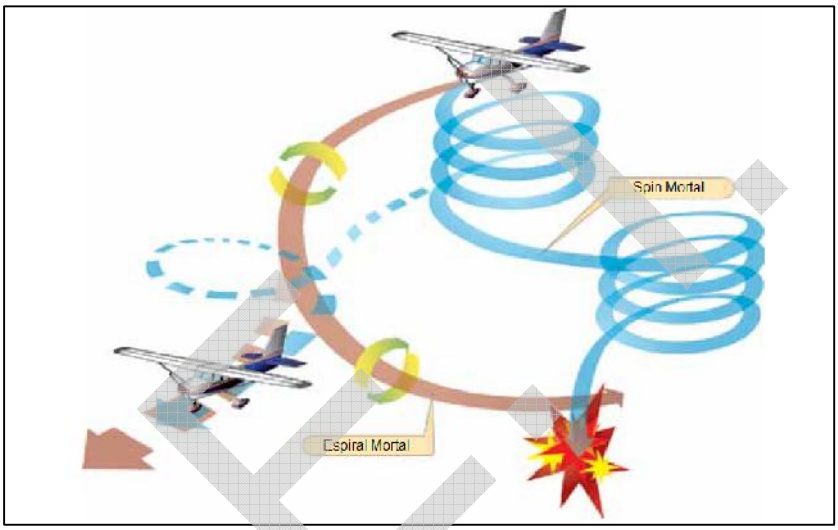


Figura 1-15 Representación de Spin mortal y Espiral mortal.

1.1.2.2.4 Ilusión de Coriolis

En un viraje coordinado, como el que ocurre en un tránsito de espera o en un viraje de descenso, este viraje es percibido correctamente por el canal semicircular respectivo. Si el piloto, durante esta maniobra, gira la cabeza en otro sentido o eje diferente al plano de viraje del avión, el primer canal se desacelerará induciendo ilusión de giro en sentido opuesto y el segundo canal percibirá correctamente el giro de la cabeza. La sumatoria de estas sensaciones de giro inducirá la ilusión de un “roll” descendente o ascendente en sentido opuesto al viraje inicial. Por este motivo, se insiste en la necesidad de evitar movimientos de la cabeza durante los virajes coordinados y, en caso de producirse la ilusión, debe referirse toda maniobra correctiva a lo indicado por los instrumentos.

Ejemplo: Si uno se encuentra en un viraje a velocidad constante e inclina la cabeza hacia abajo, el resultado será una sensación de roll. Cuando un piloto mueve la cabeza durante un viraje prolongado, puede experimentar la ilusión de Coriolis y percibir que su avión está realizando maniobras que en realidad no está haciendo. Si el piloto trata de corregir la ilusión, puede situar el avión en una posición muy

peligrosa de la cual le será muy difícil recuperarse. La ilusión de Coriolis es probablemente la más mortal de todas las ilusiones, por ser tan convincente y ocurre en maniobras normalmente a baja altura **(Fig. 1-16)**.

Si un piloto mueve la cabeza abruptamente durante un viraje prolongado, el efecto de Coriolis puede producir una ilusión convincente de cambio en la posición del avión.

Figura 1-16 Representación de ilusión de Coriolis.

1.1.2.2.5 Ilusión Oculogiratoria

Cualquier persona que haya tenido un vértigo verdadero sabe de la existencia de la interconexión neuroeléctrica entre el sistema vestibular, el tubo digestivo y los músculos que mueven los ojos. En este caso, un giro percibido por los canales semicirculares respectivos, induce automáticamente un movimiento de los ojos en sentido opuesto al giro. En condiciones humanas normales, el objeto de este movimiento ocular compensatorio persigue mantener la imagen visual estática a pesar del giro real. En cambio, en aviación, este movimiento compensatorio frente a una percepción somatogira ilusoria, puede inducir la ilusión que el campo visual también se está desplazando en el mismo sentido del giro por movimiento real compensatorio de los ojos, lo cual confirma la percepción del movimiento ilusorio original.

1.1.2.2.6 Ilusiones Somatogravicas

Este término originalmente es análogo a la ilusión oculogiratoria, en cuanto a que es empleada para describir el hecho que un objeto frente a los ojos puede, en algunas circunstancias, parecer moverse en cuanto se estimulan los órganos otolitos. Ahora usamos el término ilusión somatogravica para denominar la sensación falsa de cambio de posición que ocurre cuando una fuerza de inercia junto con una aceleración lineal se combina con la fuerza de gravedad para formar un vector de fuerza resultante, que no está alineada con la vertical verdadera. Tal ilusión puede ocurrir cuando un avión de Alta Performance acelera hacia delante mientras se encuentra en vuelo nivelado y le da al piloto la sensación de encontrarse con la nariz hacia arriba. Si tratara de corregir esta ilusión, correría el riesgo de irse en picada a tierra.

Pueden Ocurrir en las siguientes condiciones:

- Clásica Ilusión Nariz Arriba: Corresponde a la ilusión más frecuente inducida por los otolitos **(Fig. 1-17)**. En condición normal estática, una inclinación de la cabeza hacia atrás es percibida correctamente como una actitud nariz arriba. A su vez, una aceleración frontal horizontal induce un asentamiento por inercia de los otolitos, induciendo una falsa percepción de nariz arriba. Si se suman ambas, como lo que ocurre en una carrera de despegue, induce una ilusión desproporcionada de actitud nariz arriba, la cual, si el piloto tiende a corregir esta ilusión, buscando la percepción del ángulo correcto sin fijarse en los instrumentos, probablemente terminará estrellado. Esta misma situación ocurre a la inversa al desacelerar bruscamente en el plano horizontal, induciendo una ilusión de nariz abajo.

- Ilusión de Inversión: En este caso, muy similar a la ilusión anterior pero en aeronaves de alta performance, la ilusión de nariz arriba puede ser tan intensa que la sensación percibida es que la nariz ha sobrepasado la vertical, colocando la aeronave en una actitud muy anormal con el piloto invertido y mirando hacia atrás dándole al piloto la sensación de estar nivelado cuando realmente está invertido pero con Gs negativas.

Figura 1-17 Representación ilusión Nariz Arriba.

- Ilusión por Exceso G: Una inclinación lateral de la cabeza en un ambiente terrestre estático, sometido a una aceleración gravitacional de 1 G, entrega la información correcta de la magnitud de la inclinación. Si durante un viraje con una resultante de 2 G, al igual que las ilusiones anteriores, se sumará la percepción correcta más la ilusión de exceso de viraje, induciendo una sensación de inclinación alar excesivo.

1.1.3 Sistema Propioceptivo

1.1.3.1 Generalidades

Los sensores propioceptores relacionados con el equilibrio de mayor importancia son los que reaccionan a la presión. Se encuentran en muchas estructuras corporales incluyendo piel y articulaciones. Su sensación al ser estimulados se traduce en presión en las asentaderas al sentarse, en los pies al pararse o en la espalda al acostarse. Esto se conoce como “Sensación Vertical”. **(Fig. 1-18)**

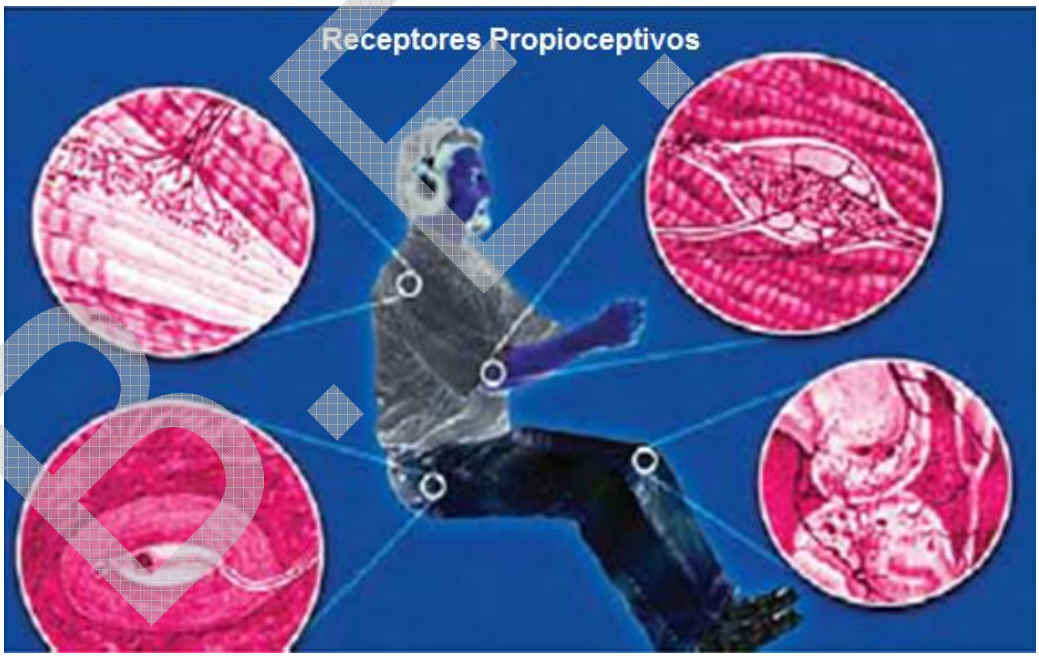


Figura 1-18 Representación sistema propioceptivo.

1.1.3.2 Ilusiones Del Sistema Propioceptivo

1.1.3.2.1 Sensación de Posición

Los pilotos interpretan las sensaciones de presión de igual forma que en la tierra (Ej. La presión en el asiento de los pantalones indica abajo). En vuelo, esta presión no es mandatoria ya que durante vuelo coordinado, la fuerza resultante de la aceleración centrípeta y la

gravedad es siempre hacia el piso del avión. Por lo tanto los pilotos nunca pueden juzgar cual dirección es la vertical verdadera basándose en sus sensores de presión.

1.1.3.2.2 Sensación De Mano Gigante

Este fenómeno corresponde a un reflejo subconsciente generado por información del sistema propioceptivo que interfiere con el control consiente del piloto. Esta ilusión da la impresión de que alguna fuerza externa está forzando al avión a volar en cierta actitud. Cuando ocurre en rol, el avión entra en espiral y el piloto trata de recuperar basado en sus instrumentos pero siente que una fuerza está resistiendo la recuperada. La forma de contrarrestar esta ilusión consiste en soltar el bastón y volver a tomarlo con la punta de los dedos ya que son más sensibles o recuperarlo con las rodillas. Ciertamente el piloto debe tener el conocimiento adecuado para identificar y corregir este tipo de desorientación.

1.1.3.2.3 Ilusión de Post Roll

Después de efectuar un roll con una duración de 3 a 9 segundos, la tendencia normal es a mover involuntariamente el bastón en el sentido del roll, llevando el avión a una condición de viraje inadvertido por el piloto si éste sigue a sus sentidos. En vuelo instrumental, esto podría ocurrirle al finalizar un viraje mantenido por mucho tiempo.

1.1.3.2.4 Ilusión de Agujero Negro en el Despegue

Se produce después de salir del suelo durante la aceleración. El piloto siente que el avión sube la nariz lo que lo lleva a aplicar corrección hacia abajo, impactando el terreno. Este fenómeno se puede manifestar durante un despegue nocturno o en condiciones IMC. La forma correcta de corregir los efectos de esta ilusión, que resulta muy común, es manteniendo una adecuada atención sobre el indicador de actitud y realizando una transición gradual desde las referencias visuales a las instrumentales durante la fase de despegue.

1.2 DESORIENTACIÓN ESPACIAL (D.E.) / SPATIAL DISORIENTATION (S.D.)

1.2.1 Generalidades

Junto a las ilusiones provocadas en los distintos sistemas sensoriales, la desorientación espacial es una de los principales

consecuencias de exponer nuestro organismo a las fuerzas gravito inerciales presentes en la aviación.

El problema de la desorientación espacial es ampliamente conocido, pero no resuelto, por lo que debe ser asumido como una limitación de la que no podemos abstraernos, siendo su acabado conocimiento y el de las medidas para evitarla, una necesidad imperiosa, que contribuye a evitar accidentes.

En este capítulo usted tendrá un acercamiento a lo que es la D.E., los factores que contribuyen a que se produzca, los tipos de D.E., su prevención y algunas técnicas que permiten combatirla.

1.2.2 Definiciones

- Desorientación: Pérdida del propio sentido de posición, dirección, movimiento en relación con nuestro alrededor.

- Mala Orientación: Interpretación errónea de la actitud del avión.

1.2.3 Concepto

En la Fuerza Aérea de EE.UU. se realizó un estudio estadístico, dando como conclusión que en promedio los pilotos que han sufrido situaciones de Desorientación Espacial tienen alrededor de 30 años de edad, 10 años de experiencia de vuelo, Comandante de aeronave o instructor del material y 25 vuelos en los 3 meses previos al fenómeno. Lo anterior sumado a las experiencias personales relatadas por la mayoría de los pilotos, nos lleva a concluir que ninguna persona, sometida a algún tipo de vuelo, es inmune a sufrir una desorientación espacial. De esto la importancia de conocer apropiadamente como se genera y los efectos que puede producir.

1.2.4 Factores involucrados

Existen 3 factores importantes presentes en la ocurrencia y severidad de una desorientación espacial: Distracción, Tiempo e Ilusión. Los primeros 2 deben estar presentes para que el fenómeno se manifieste. El tercero ayuda a empeorar la situación.

1.2.4.1 Distracción

Un piloto debe ejecutar una serie de tareas en la cabina de un avión. Todas ellas requieren de su atención, siendo algunas más importantes que otras. Las más pequeñas, generalmente son menos críticas y son conocidas como distractores. Las prioridades cambian dependiendo de

la misión. Algunos elementos de distracción pueden estar fuera de la cabina (luces en tierra, avión atacante, etc.) otros pueden estar dentro de ésta (luces de precaución, sirenas de advertencia, etc.).

1.2.4.2 Tiempo

Una distracción debe trabajar en un periodo de tiempo para causar un problema. Una de las características de los humanos es que nuestro sentido del tiempo es variable y usualmente no muy preciso (el tiempo se pasa volando cuando uno se divierte).

En eventos de desorientación él o la piloto típicamente fija su atención por 15 a 90 segundos. Sin embargo, este tiempo parece mucho menor para él o ella. Este fenómeno se conoce como “Distorsión Temporal”.

1.2.4.3 Ilusión

Consiste en una sensación errónea de posición, actitud o del ambiente. Las más comunes son: Visuales, del sistema vestibular y del sistema propioceptivo, estudiadas en este manual con anterioridad.

Estos tres factores trabajando juntos se pueden interpretar de la siguiente manera:

Desorientación = Distracción x Tiempo + Ilusión

Cualquier distracción en un periodo de tiempo puede ser desorientante.

Si a esto le agregamos una ilusión, se agrava la desorientación. Si alguna parte de esta fórmula excede la capacidad del piloto de sobreponerse, puede generar una condición de riesgo.

1.2.5 Tipos de Desorientación Espacial

1.2.5.1 Tipo I “No Reconocida”

Es la más peligrosa de todas. Comúnmente llamada Mal Orientación. Es un fenómeno no reconocido, en que la distracción permanece por un periodo de tiempo prolongado. La distracción en si puede no ser fuerte, pero su influencia en el piloto es dominante. El piloto no reconoce su error de orientación.

P.E.I.

1.2.5.2 Tipo II “Reconocida”

Clásicamente conocida como “Vértigo”. Este consiste en un problema reconocido que usualmente comienza con algún grado de distracción posiblemente muy pequeño. El piloto reconoce la falsa sensación y está luchando contra ella.

1.2.5.3 Tipo III “Incapacitante”

Esta encierra una serie de distintos problemas en que la ilusión se hace tan poderosa que el piloto no puede superarla (Ej. Ilusión de Mano Gigante). Este tipo de desorientación ocurre por la acción de reflejos que ocurren en respuesta al estrés producido por una desorientación del tipo II (reacción automática en contra de acciones voluntarias).

1.2.6 Prevención de Desorientación Espacial

La única forma de enfrentar la D.E. es saber reconocerla, para luego corregirla e idealmente, prevenirla. Los tres factores involucrados existen en diferente medida en cada vuelo que realizamos. También se debe considerar que el mayor riesgo se produce en vuelo nocturno o IMC, por lo que se realza la importancia del conocimiento de cómo prevenirla si usted va a enfrentar un vuelo de este tipo. Una falta de concentración puede verse aumentada como causa de este fenómeno, considerando la gran cantidad de ilusiones asociadas a los sistemas del equilibrio que se presentan en este tipo de vuelo y que vendrán a sumar factores que aumenten la posibilidad de que se presente la desorientación. Algunos puntos a tomar en consideración para evitar D.E:

- Organice las tareas de cabina. Esto resulta más conveniente, que ejecutar los pasos por sí solos.

- Examine sus técnicas y prácticas. A veces podemos forzarnos o forzar a otros a prestar atención a elementos de poca importancia. Mantenga un cross-check metódico y ordenado.

- Experiencia. Si hemos estado en alguna situación de desorientación anteriormente, se hace fácil manejarla cuando nos sucede nuevamente.

- Práctica y Eficiencia. Practicar de día no siempre significa que podemos ser eficientes en la noche. También efectuar aproximaciones en condiciones VMC no implica eficiencia al realizarlas en IMC. Realice vuelos en simulador con condiciones

B.I.

mínimas de nubosidad y visibilidad. Practique panel parcial.

- Fatiga. En adición a los problemas derivados de estar cansados, aquí aparece un riesgo potencial de interrupción de algunas funciones de alto nivel de nuestro cerebro implicadas en el vuelo instrumental cuando éste está fatigado. Uno está más propenso a distracciones cuando está cansado. Por consiguiente, analice muy bien la conveniencia de efectuar un vuelo si se encuentra fatigado.

  Considere que sus capacidades de pilotaje se encontrarán notoriamente disminuidas.

- Distracciones Internas. Los efectos de muchas distracciones personales o estrés es difícil de cuantificar, pero pueden explicar un comportamiento determinado que por otro lado es difícil de entender.

- Planificación de Vuelo. Revisar aproximaciones y efectuar los cálculos necesarios en tierra, le permitirán destinar mayor atención a imprevistos en vuelo.

- Evite movimientos bruscos de la cabeza durante despegues, aproximaciones para aterrizar y virajes.

- Fase del vuelo. Considerando que fenómenos como la distracción, atención canalizada y carga de trabajo no son lo mismo que D.E., éstos pueden precipitarla al provocar que el piloto pierda un cross-check apropiado. Fenómenos de D.E. pueden ocurrir en cualquier fase del vuelo. Durante las más críticas, los pilotos pueden ser más susceptibles a desorientarse debido al potencial de distracción, atención canalizada y carga de trabajo.

- Despegues y Aterrizajes: Estas fases del vuelo se desarrollan en un ambiente dinámico y de alta demanda de atención. Aceleración del avión, velocidad, requerimientos de compensación, razón de ascenso o descenso y razones de viraje están constantemente cambiando. El avión puede entrar o salir de IMC. En la noche, las luces en tierra pueden agregar confusión.

- Cambios de frecuencias: Pueden ser dispuestos durante estas etapas críticas del vuelo en donde se está cerca del suelo. Cambio inesperado de la autorización de salida o arribo incrementan la carga de trabajo, interrumpiendo un crosscheck eficiente. Un requerimiento inesperado de frustrar o circular

nocturno o en condiciones IMC es especialmente exigente, sobre todo si se realiza en un aeródromo no conocido o con poca iluminación.

- Vuelo en crucero: durante el desarrollo de esta fase del vuelo el piloto tiende a relajarse y distraerse, debido a que esta es una etapa que requiere mayormente de control sobre los distintos sistemas de la aeronave y no de mantener atención sobre mayor cantidad de variables como lo son despegues o la ejecución de una aproximación instrumental.

1.2.7 Técnicas Para Combatir Un Fenómeno de D.E.

Si se encuentra en una condición de D.E., aquí encontrará algunas técnicas que le ayudarán a vivir para volar otro día:

- Admita que tiene un problema.

- Si tiene la oportunidad, comuníquele a alguien de su tripulación que está teniendo un problema. Este puede ser su copiloto en un avión multiplaza, o a su número si va en formación.

- Créale a sus instrumentos y vuele por ellos.

- Si está en un avión multiplaza y la desorientación es severa, entregue los mandos a otro piloto.

- Si usted está en un monoplaza y está sufriendo D.E. del tipo III, trate de mover el bastón con la punta de los dedos o la otra mano. Si la ilusión es muy severa y no puede controlar el avión, intente soltar los controles por un corto periodo de tiempo.

- Si usted está volando un monoplaza con asiento de eyección y no puede controlar el avión, no lo dude ¡Eyéctese!

1.3 ALERTA SITUACIONAL (A.S.) / SITUATIONAL AWARENESS (S.A.)

1.3.1 Definición

Un problema continuo en los accidentes de aviación es la perdida de Alerta Situacional. Este fenómeno se traduce en desorientaciones espaciales, colisiones en el aire, impacto inadvertido con el terreno (CFIT), encontrarse perdido y quedar sin combustible, aterrizajes sin tren, volar hacia condiciones meteorológicas severas, etc. Debido a la

gran gama de errores asociados a las tripulaciones, es que se hace difícil una definición exacta. Sin embargo, se pueden analizar algunas causas envueltas en la pérdida de AS.

1.3.2 Causas de Perdida de A.S.

1.3.2.1 Fijación o Preocupación

Enfocarse en un problema en vuelo puede terminar en la pérdida del control de los otros parámetros envueltos. Preocupaciones por problemas personales.

1.3.2.2 Ambigüedad

Cuando la información es confusa o poco clara o existe un desacuerdo entre dos fuentes de información. La discrepancia debe ser solucionada antes de continuar.

1.3.2.3 Complacencia

Lo familiar puede traer riesgos. Pilotos con alta experiencia experimentan la trampa de "Lo he hecho muchas veces". Este sentimiento también puede ser producto de una actitud de "Invencible".

1.3.2.4 Euforia

El sentimiento de que todo está saliendo a la perfección, puede terminar en pérdida de la noción de realidad entera y en el consiguiente error en anticiparse al peligro.

1.3.2.5 Presentimiento / Confusión

Este es uno de los sentimientos más confiables en los pilotos. El cuerpo es capaz de detectar un estímulo algún tiempo antes de que la mente conscientemente, coloque todos los elementos juntos. Los aviadores deben creer en sus presentimientos, detenerse y mirar alrededor antes de proseguir.

1.3.2.6 Distracción

Dejar que un elemento en particular atrape la atención del piloto, dejando otros de igual o más importancia descuidados.

1.3.2.7 Carga De Trabajo / Poco Trabajo

Estar muy ocupado para controlarlo todo. El comandante de

aeronave debe delegar responsabilidades, considerando que la falta de actividad puede derivar en complacencia.

1.3.2.8 Mala Comunicación

Cuando las ideas no son comunicadas, cuando existe un problema para expresar o entender ideas, un rompimiento de comunicación es inminente.

1.3.2.9 ¿Quién está Volando El Avión?

La asignación clara de responsabilidades es esencial para la seguridad del vuelo.

1.3.2.10 Falla en Cumplir Objetivos

Encontrarse con un consumo de combustible inesperado, perder puntos de chequeo producto de cambio de velocidad, razón de ascenso, setting de potencia, pueden llevar a pérdida de AS.

1.3.2.11 Procedimientos Impropios

Este es la causa más importante de pérdida de AS. Violación de regulaciones, bajar de las mínimas, exceder límites operacionales, etc.

1.3.3 Como Mantener una Buena A.S

1.3.3.1 Experiencia y Entrenamiento

Es lo que ayuda al piloto a desarrollar información mental para un uso futuro. Esta información, asociada con nuevas situaciones, ayuda a la toma de la mejor solución. Sin embargo, a veces el piloto experimentado es más susceptible a cometer errores basados en asunciones falsas.

1.3.3.2 Capacidad De Vuelo

Un piloto que debe pensar en cómo volar el avión, ocupa la mayor parte de su capacidad mental, limitando su uso para buscar información necesaria para una buena A.S.

1.3.3.3 Condición Física

Con el fin de detectar pequeños cambios, un piloto debe mantener todos sus sentidos en la mejor condición posible.

1.3.3.4 Actitud

Una buena actitud mental afectará la capacidad de detectar y responder a los cambios ambientales así como la habilidad de tomar buenas decisiones.

1.3.3.5 Coordinación de Tripulación

La habilidad de los miembros de monitorear constantemente el ambiente de vuelo y la capacidad de comunicar sentimientos de incomodidad en lo que se refiere a comparar la condición del vuelo con la ideal, trabajando juntos como equipo, pueden lograr mantener una buena A.S.

1.3.4 Recuperando La A.S.

- Notifique la Pérdida de AS: Los pilotos necesitan ser entrenados para admitir cuando pierden AS y notificarlo. Esto trae a la tripulación de vuelta a la realidad y se pueden aplicar soluciones.

- Esté Preparado para Problemas no Anticipados: Existe una decisión que tomar. ¿Se debe continuar o abortar el vuelo? En una fase crítica de este, lo más recomendable es terminar inmediatamente con lo que se está haciendo. Si no es crítica, la tripulación debe buscar información que le ayude a recuperar la alerta situacional.

- Vuelva al Monitoreo Consciente.

1.3.5 Toma De Decisiones (T.D.)

Es una aproximación sistemática a un proceso mental usado por los pilotos a fin de conscientemente, determinar el mejor curso de acción en respuesta a un grupo de circunstancias dadas.

Este proceso está basado en el de toma de decisiones convencional; pero enganchado con la intención de reducir los errores de piloto. TD provee una estructura que analiza los cambios que ocurren durante el vuelo y determina cómo esos cambios pueden afectar el desarrollo seguro de éste.

B.F.I.

1.3.6 Pasos Para Una Buena T.D.

- IDENTIFICAR actitudes personales peligrosas para el vuelo
  APRENDER técnicas de modificación de comportamiento
  SABER cómo reconocer y superar el estrés

- DESARROLLAR capacidades de manejo de riesgos

- USAR todos los recursos posibles

- EVALUAR la efectividad de las T.D. personales

1.3.7 Actitudes Peligrosas

Estudios realizados han identificado 6 actitudes peligrosas que pueden afectar el juicio de un(a) piloto y sus correspondientes antídotos:

ACTITUD PELIGROSA	ANTÍDOTO
1. Invulnerabilidad "No me puede pasar a mí"	Comience a pensar lo impensable
2. Macho "Lo puedo hacer" (toma riesgos)	Tomar riesgos innecesarios es tonto
3. Impulsividad "Hacer algo y rápido"	¡Pare! ¡Piense! Seleccione el mejor curso de acción
4. Anti-Autoridad "No me digan como hacerlo"	Siga las reglas
5. Resignación "¿Cómo se ha hecho siempre?"	Usted puede hacer la diferencia
6. Presionando "Lograrlo como sea"	Es mejor llegar tarde que nunca

Figura 1-19 Actitudes peligrosas.

1.3.8 Proceso de T.D. En Vuelo

Este proceso está orientado en ayudar al piloto en encontrar una vía lógica en su toma de decisiones, **(Fig. 1- 20)**:

- DETECTAR: El piloto detecta el hecho de que algo ha cambiado.
  ESTIMAR: Si se necesita reaccionar en contra.
  ELEGIR: Una salida acertada para el éxito del vuelo.

- IDENTIFICAR: Las acciones que se deben realizar para el control exitoso del cambio.

- REALIZAR: La acción correctiva

- EVALUAR: El o los efectos de su acción en contra del cambio.

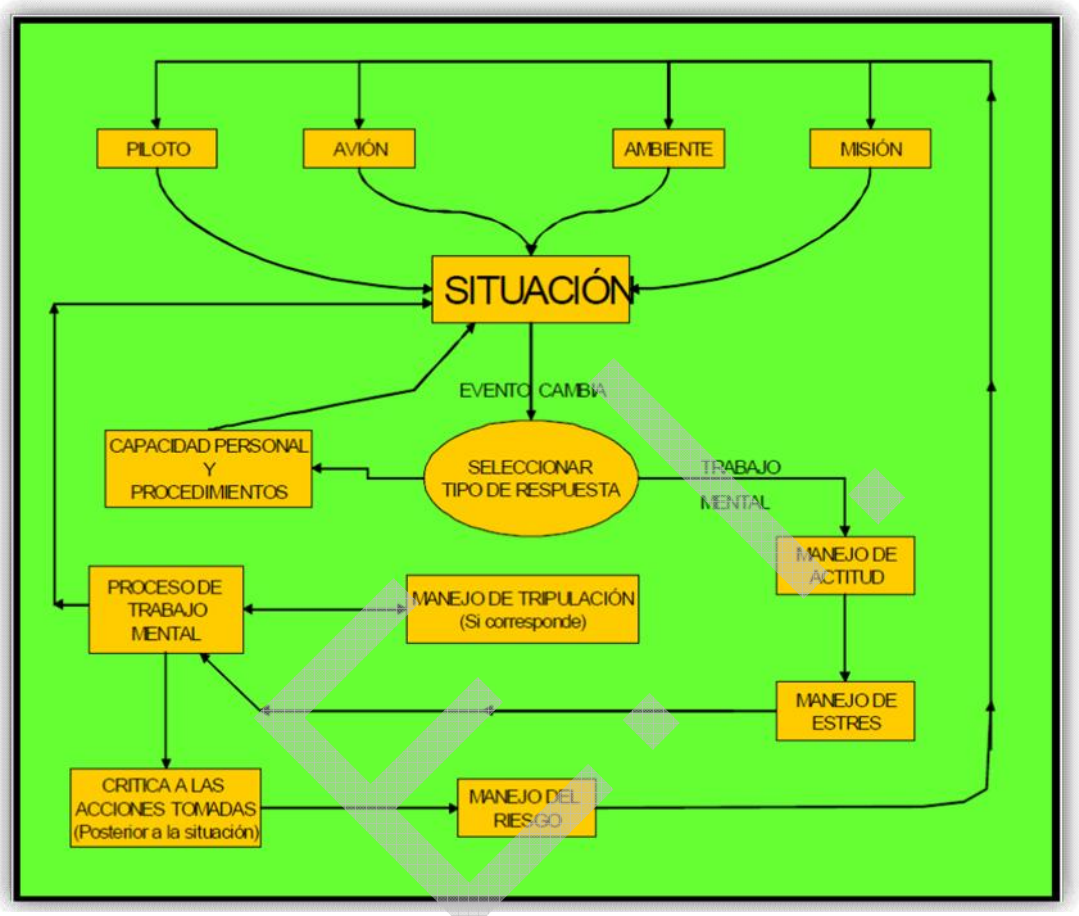


Figura 1-20 Proceso de toma de decisiones en vuelo.

1.4 CREW- COCKPIT RESOURCE MANAGEMENT (C.R.M.)

El manejo de los recursos de tripulación y cabina corresponde al CRM., y consiste en el uso efectivo de todos los recursos disponibles, sean estos humanos, equipamiento e información. Aunque este tema está enfocado principalmente a pilotos de aeronaves multiplazas, existen una variedad de elementos que se pueden aplicar a las tripulaciones de aeronaves monoplazas.

1.4.1 Recursos Humanos

Considera a todo aquel personal que trabaja en torno a los pilotos. Esto incluye a meteorólogos, mecánicos de línea, operaciones, mantenimiento, tripulantes, pilotos y controladores de tránsito aéreo. Los pilotos deben reconocer la necesidad de buscar en ellos la mayor cantidad de información para tomar una decisión válida. Después de reunida esta información, el piloto debe informar a otros (pilotos, aviones, pasajeros, etc.) de la decisión tomada.

El CRM está enfocado en técnicas de comunicación, trabajo en equipo, ordenamiento de tareas y toma de decisiones. El piloto que vuela solo debe ser capaz de comunicarse con controladores de tránsito, personal de mantenimiento, personal en el mesón de operaciones y otros pilotos de una manera efectiva.

Los pilotos deben entender la necesidad de buscar información en otros hasta que están satisfechos con lo obtenido, con el fin de tomar la mejor decisión.

1.4.2 Equipamiento

El actual equipamiento de los aviones considera una serie de sistemas automáticos de vuelo y navegación. Considerando que éstos proveen un alivio al piloto en su trabajo en la cabina, no obstante, presentan una serie de problemas diferentes. La información que estos recursos proveen debe ser monitoreada constantemente a fin de mantener una adecuada Alerta Situacional.

1.4.3 Carga de Trabajo

La carga de trabajo debe ser manejada apropiadamente. Un piloto volando en condiciones IMC se ve enfrentado a muchas tareas, cada una con diferente importancia para el éxito del vuelo. Por ejemplo, si debe realizar una aproximación instrumental, necesita revisar la carta de aproximación, configurar el avión, completar listas de chequeo, obtener información del control de tránsito aéreo y seleccionar radios y equipos de navegación.

El piloto debe manejar su carga de trabajo en forma efectiva a fin de completar cuantos pasos pueda lo más temprano posible buscando con esto evitar la posibilidad de encontrarse sobrecargado en las etapas más críticas del vuelo. Para cumplir con este objetivo, debe considerar realizar una buena planificación con la antelación suficiente. **(Fig. 1-21).**

Figura 1-21 Carga de trabajo (Esfuerzo – Tiempo)

2 INSTRUMENTOS DE VUELO

La descripción de los instrumentos de vuelo correspondientes a este capítulo, se hará de manera genérica, y en ningún caso reemplaza lo establecido en el manual de vuelo de la aeronave que usted opera. Cualquier duda relacionada con la descripción, funcionamiento y o errores de los instrumentos propios de su aeronave, debe ser consultada en los respectivos A.F.M. (Air Flight Manual) o Manuales - 1.

2.1 SISTEMA ESTÁTICO PITOT- (S.E.P.)

Los instrumentos basados en las propiedades del aire miden presiones, absolutas o diferenciales, que convenientemente calibradas, nos ofrecen información de performance, traducidas en forma de unidades de medición. El sistema estático pitot es el que se encarga de proporcionar las presiones a medir, y los instrumentos conectados a este sistema son: altímetro, variómetro y velocímetro.

Para su correcto funcionamiento, estos instrumentos necesitan que se les proporcione presión estática, presión dinámica, o ambas. Estos dos tipos de presión definen los componentes principales de este sistema: el dispositivo que obtiene presión de impacto (pitot) y líneas de transmisión, y el dispositivo que recoge la presión estática con sus respectivas líneas de transmisión. **(Fig 2- 1)**

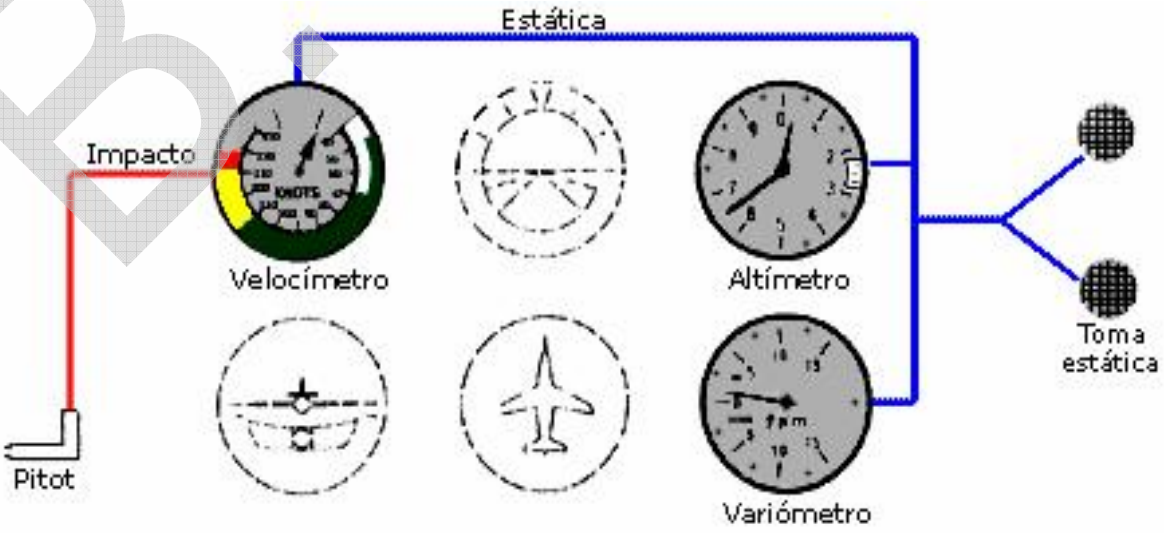


Figura 2-1

2.1.1 Definiciones.

2.1.1.1 PRESIÓN DE IMPACTO- Conocida también como presión dinámica, es la que se crea al chocar un cuerpo en movimiento con una masa de aire. Será mayor o menor, dependiendo de la intensidad del choque.

2.1.1.2 PRESIÓN ESTÁTICA- Es la presión existente en la atmósfera y que varía conforme a la altitud de presión a que se está volando.

2.1.1.3 PRESIÓN DIFERENCIAL- Es la diferencia entre la presión de impacto (Pitot) y la presión estática (ambiental).

2.1.2 Componentes de un S.E.P. Convencional.

2.1.2.1 Tubo Pitot

Consiste en un tubo sencillo u otro dispositivo similar, de tamaño pequeño, (10- 15 cms.), que suele estar ubicado, enfrentado al viento relativo, en el borde de ataque, debajo del ala, en la nariz de la aeronave o en el estabilizador vertical. Está ubicado normalmente en zonas de la aeronave que no sufran distorsión o alteraciones del flujo del aire de impacto. Posee un pequeño agujero en la punta para recoger la presión de impacto, que debe permanecer siempre libre de cualquier impureza (insectos, hielo, etc.) que lo obstruya. Suele tener un pequeño orificio en la parte de abajo para facilitar su limpieza. **(Fig 2- 2)**

"No es recomendable soplar este tubo para limpiarlo, pues esto podría causar daño a los instrumentos".

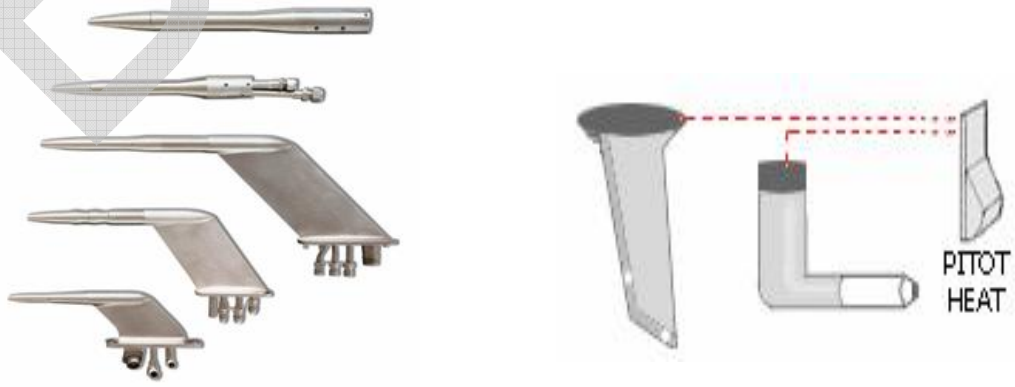


Figura 2-2

B.I.

Cuenta también con una resistencia, que se acciona con un interruptor desde la cabina (pitot heat), que al calentarse impide la creación de hielo cuando se vuela en condiciones atmosféricas que propician su formación. Siempre que se vaya a volar en condiciones de humedad visible, es conveniente conectar el calefactor del pitot para prevenir la formación de hielo.

Las presiones son suministradas ya sea directamente a los instrumentos o a un computador central de información aérea (C.A.D.C.). Los de forma directa utilizan una barra metálica colocada en la punta del tubo pitot inmediatamente detrás del orificio de entrada del aire llamado Bafle de aire, el que transmite la velocidad con la cual ingresa el aire como presión. Las presiones captadas por un computador central lo hacen a través de la transformación de presiones en señales o impulsos eléctricos.

2.1.2.2 Orificios Estáticos.

Como su nombre lo indica, proporcionan la presión estática del aire libre en que se mueve el avión. Son unos orificios, protegidos por alguna rejilla o similar, que normalmente están situados en el fuselaje porque es donde sufren menos perturbaciones. Lo usual es que estas tomas sean dobles, una a cada lado del fuselaje. Salvo en aviones capaces de volar en zonas de muy baja temperatura, no necesitan de protección antihielo. Sin embargo, al igual que el tubo pitot, deben mantenerse libres de impurezas.

2.1.2.3 Líneas De Transmisión De Presión

Son las encargadas de llevar a los instrumentos las presiones obtenida por el tubo de pitot y por los orificios estáticos del flujo de aire que rodea al avión. Las presiones obtenidas por el tubo pitot son transmitidas en forma directa como se explicó anteriormente, y la característica principal para las líneas de transmisión estática es que se conectan en forma de “Y” en una sola, para compensar posibles desviaciones, especialmente en virajes, en que una toma recibe mayor presión estática que la otra. Con esta forma de conexión, se promedian las presiones cuando el avión efectúa dicha maniobra.

2.1.2.4 Fuente Alterna Y De Emergencia

Algunas aeronaves poseen un sistema estático alterno en el caso de que fallen los sistemas normales o se obstruyan por el hielo. Los orificios estáticos alternos usualmente están ubicados en un punto de la estructura de la aeronave que no es susceptible a las condiciones de congelación. Normalmente existe una diferencia de presión entre los sistemas alternos y los primarios que pueden cambiar las indicaciones.

Si este error no se encuentra reflejado en los respectivos manuales de vuelo, deberán considerarse las diferencias en las velocidades de crucero, descensos y especialmente en las configuraciones de aterrizaje. Debido al efecto causado por el flujo de aire sobre el avión, generalmente se presenta dentro de la cabina una presión inferior a la existente fuera de ésta. Por consiguiente, al hacer uso de la fuente alterna, casualmente ocurrirán en los instrumentos las siguientes diferencias:

- Altímetro indicará una altitud mayor que la real.
- Velocímetro indicará una velocidad ligeramente mayor que la real.
- Variómetro indicará un ascenso momentáneo.

Para aquellos aviones que no poseen una fuente estática alterna, existen medidas que se pueden tomar y la denominaremos Fuente Estática de Emergencia.

Esta fuente deberá utilizarse, cuando han fallado la fuente de presión estática primaria y alterna. Se obtiene al romper el vidrio de cualquier instrumento asociado al sistema estático pitot. Cualquier instrumento del sistema estático- pitot puede alterarse para que suministre una fuente estática de emergencia. Seleccione un instrumento que no considere esencial para su vuelo. ¿Cuál deberá romper? El que la situación que se viva lo aconseje. Se recomienda no usar el variómetro, ya que este instrumento entrega su información con un retardo de 6 a 9 segundos, y transmitirá su retardo al resto de los instrumentos.

Aquellos aviones que cuentan con un sistema de presurización en la cabina, para utilizar esta fuente de emergencia, deben despresurizar primero para que así la cabina entregue una presión acorde a la altitud que se vuela.

2.1.3 Errores del Sistema Estático Pitot

Las magnitudes de los errores aquí descritos están presentes dentro del sistema estático pitot de cualquier avión. Los detalles completos de un sistema en particular deben ser consultados en los respectivos manuales de vuelo.

2.1.3.1 Error De Instalación

Es el resultado de sensaciones de presiones incorrectas causadas por el disturbio del flujo del aire (turbulencias) alrededor del tubo pitot y / o eventualmente de los orificios estáticos, siendo este error

más notorio en los cambios de configuración de la aeronave: variando su magnitud, dependiendo del tipo de avión, la velocidad y ángulo de ataque. Se manifiesta en todos los instrumentos del sistema estático pitot, con la diferencia de que al variómetro lo afecta inicialmente pero posteriormente, estabiliza su indicación en la correcta. Este error se determina en los vuelos de prueba de fábrica y debe venir tabulado en el Manual de Vuelo del avión.

Este error puede ser un valor positivo o negativo, que varía según:

- Velocidad aérea
- Ángulo de ataque
- Peso de avión
- Aceleración
- Configuración del avión

Puede ser clasificado en 2 tipos:

- FIJO: un valor común a un tipo de aeronave (el que puede ser determinado en las respectivas cartas de corrección de acuerdo al A.F.M.).

- VARIABLE: efecto de la temperatura ambiente sobre la estructura, etc.

La velocidad aérea, indicadores mach y altímetros son afectados por el error de instalación.

Advertencia: El altímetro es el más perjudicado con el error de instalación, ya que dependiendo del tipo de avión, este error puede exceder 2000 pies. En los sistemas estáticos del tipo BOOM, este error se manifiesta en la captación de una mayor presión que la real, “siendo su indicación menor que la real”. Este error aumenta su magnitud a medida que aumenta la velocidad, y cuando el avión pasa la velocidad del sonido, este error se produce exactamente al revés.

2.1.3.2 Error Reverso.

Este error se debe a falsas captaciones de presión, debido a cambios bruscos de actitud en Pitch y Roll (es momentáneo).

Cuando un avión se encuentra en la etapa de rotación para el despegue, los instrumentos pueden indicar un descenso temporal además de disminución de altitud y velocidad. Esto se debe al aumento de presión percibido por el sistema estático. Una forma de disminuir este error consiste en efectuar cambios de pitch suaves.

Cuando se aplica potencia (colectivo) en un despegue en helicóptero, los instrumentos pueden indicar un momentáneo descenso y pérdida de altitud producto de un momentáneo aumento de presión percibido por el sistema estático. Este error se minimiza aplicando cambios de potencia suaves.

2.1.3.3 Error De Compresibilidad.

Se debe a que la compresibilidad del aire en el tubo pitot, se hace mayor a medida que se acerca a la velocidad del sonido. Este error es significativo en aviones que vuelan sobre 200 kts. y sobre 10.000 pies de altitud. Afectará de igual forma a todos los aviones que vuelen a una misma V.A.E. y a una misma altitud de densidad. Afectará solamente a los velocímetros convencionales y no a los de V.A.V. ni a los Macómetros. Hay dos formas para corregir el error de compresibilidad:

- Dependiendo del tipo de avión, esta corrección va a estar tabulada en el manual de la aeronave.
- También se puede corregir mediante el llamado factor “F”, que es una constante de error que se obtiene con velocidad y altitud, obteniéndose esta directamente del computador Dalton. **(Fig 2- 3)**

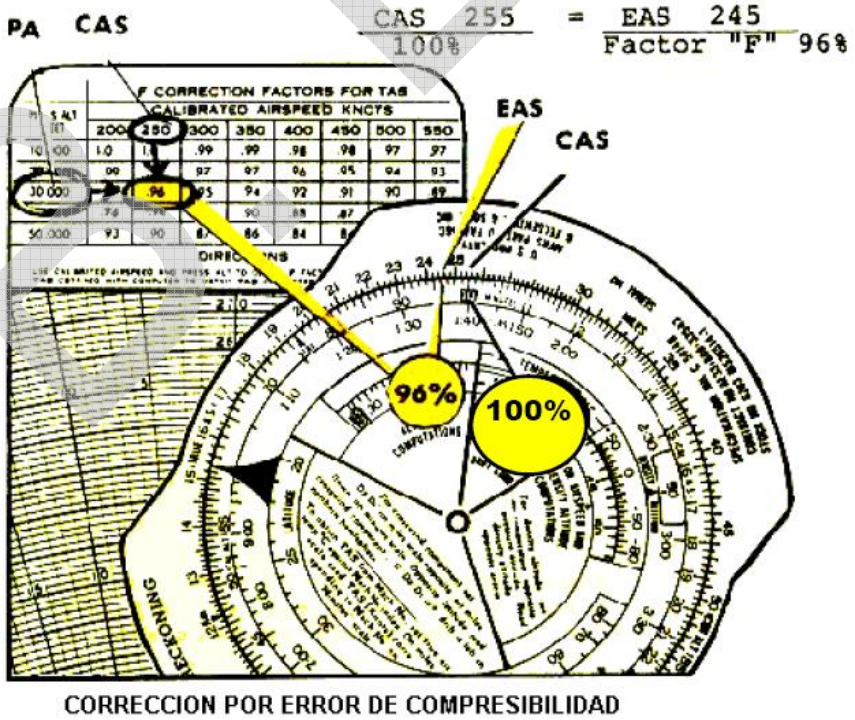


Figura 2-3

2.1.3.4 Error De Histéresis.

La histéresis es resultado de la imperfecta elasticidad de las cápsulas aneroide y resortes que tienden a conservar una forma dada, aún cuando las fuerzas externas hayan cambiado. Está presente durante cambios rápidos de la altitud y de corta duración. La histéresis afecta a los altímetros de presión.

2.1.4 Velocímetro

Es un manómetro diferencial. Mide la diferencia entre la presión del aire que entra al tubo de Pitot y la presión estática. Una aguja presenta esta diferencia como velocidad aérea indicada. (**Fig 2- 4)**

Figura 2-4

Es uno de los componentes del sistema estático pitot, el cual tiene un sinnúmero de aplicaciones, tales como:

- Indica la velocidad a la que el avión se desplaza a través de una masa de aire
- Indica la velocidad de pérdida
- Orienta a no sobrepasar la velocidad máxima de maniobra.
- Indica las velocidades requeridas para tomar decisiones, (V1, VR, V2, etc)
- Corregir una velocidad de aproximación incorrecta.

También es uno de los instrumentos de vuelo esenciales para determinar la actitud longitudinal de la aeronave, cuando por alguna razón se vean forzados a volar con panel parcial.

2.1.4.1 Tipos de Velocidades

2.1.4.1.1 Velocidad Aérea Indicada (VAI) / (IAS- Indicated Airspeed)

Es la velocidad indicada del instrumento (sin correcciones), y en ella se basan los constructores para determinar las performances de la aeronave: velocidad de despegue, ascenso, aproximación y aterrizaje son normalmente medidas en IAS.

Esta disminuye con la altura, debido a que al disminuir la densidad del aire con la altitud, el número de partículas que impactan en el tubo pitot es menor, efecto que es más apreciable en aviones que operan a grandes altitudes.

2.1.4.1.2 Velocidad Aérea Calibrada (V.A.C.) / (C.A.S.) Calibrated Airspeed

Es la velocidad aérea indicada corregida por error de instalación. A pesar de que los fabricantes intentan reducir estos errores al mínimo, es imposible eliminarlos totalmente. En todas las escalas de velocidades optan por la mejor calibración en aquellas en las cuales vuela el avión la mayor parte del tiempo: el rango de velocidades de crucero. Este error no es mayor de uno o dos nudos, y el piloto no comete un gran error considerando la CAS igual a la IAS. De hecho, los manuales suelen asumir que este error es cero.

2.1.4.1.3 Velocidad Aérea Equivalente (V.A.E.) / (E.A.C.) Equivalent Airspeed

Es la velocidad aérea calibrada, corregida por error de compresibilidad. Esta velocidad en ocasiones, viene tabulada en el Manual de la aeronave. Si no es así, se puede calcular mediante el factor F en el Computador Dalton.

2.1.4.1.4 Velocidad Aérea Verdadera (V.A.V.) / (T.A.S.) True Airspeed

Es la velocidad aérea equivalente, corregida por temperatura y altitud (Densidad del aire). Los sistemas estáticos Pitot son construidos teniendo en cuenta la densidad estándar del aire al nivel del mar. Sin embargo, al volar a una altitud distinta, la densidad también es distinta y por tanto la medición ya no es tan precisa.

2.1.4.1.5 Velocidad Terrestre (V.T.) / (G.S.) Ground Speed

Es la velocidad aérea verdadera corregida por viento. Es la velocidad con respecto al terreno y su valor es igual a la velocidad aérea verdadera (VAV / TAS) +/- la velocidad del viento.

2.1.4.1.6 Numero MACH (M) / MACH NUMBER

Esta velocidad es la relación entre la velocidad aérea verdadera (VAV / TAS) y la velocidad del sonido. Se establece entonces que un avión volando a la velocidad del sonido, está volando con Mach 1. Conforme a esta unidad, podemos distinguir el siguiente rango de velocidades:

- Velocidad subsónica: cuando es inferior a 0.75 Mach
- Velocidad transónica: la comprendida entre 0.75 y 1.2 Mach
- Velocidad supersónica: la comprendida entre 1.2 y 5.0 Mach

NOTA: La VAC, VAE pueden ser determinados en el Manual de Vuelo de la aeronave, siempre y cuando esté tabulado y que el avión no esté equipado con computadores en el sistema estático pitot que corrijan automáticamente estas velocidades.

2.1.4.2 Principio de Funcionamiento

El velocímetro es el único instrumento de perfomance del S.E.P., conectado simultáneamente al tubo Pitot y a los orificios estáticos. De esto se desprende que el velocímetro, es un medidor de presión diferencial, vale decir, mide la diferencia entre la presión dinámica y la presión estática.

Dentro de la caja hay un diafragma construido de bronce fósforo o de cobre de berilio, metales muy sensibles a los cambios de presión. Este diafragma, por un lado está unido firmemente a la tubería de presión de impacto y por el otro a una serie de palancas y engranajes, para terminar en la aguja indicadora. La carátula puede estar graduada en escala numéricas logarítmicas, normalmente en millas por hora o nudos. **(Fig 2- 5)**

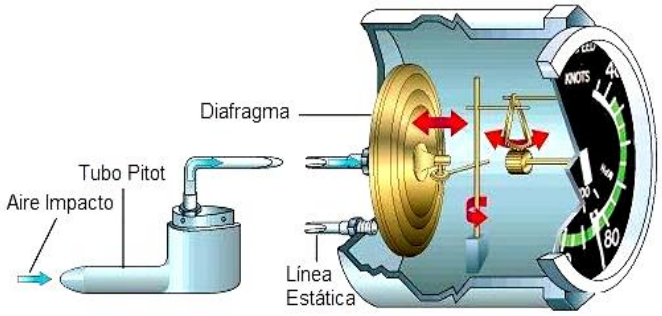


Figura 2-5

La expansión del diafragma (aumento de la velocidad) se logra aumentando la presión de impacto, con la presión estática constante (aceleración de un avión en vuelo recto y nivelado), o bien disminuyendo la presión estática, manteniendo la presión del impacto constante (avión montado).

La contracción del diafragma (disminución en la velocidad) se logra disminuyendo la presión de impacto, con la presión estática constante (desaceleración de un avión en vuelo recto y nivelado) o bien aumentando la presión estática manteniendo la presión de impacto constante (avión en descenso). Este principio es aplicable a todo tipo de velocímetros.

2.1.4.3 Errores del Instrumento

2.1.4.3.1 Error de instalación:

Es el error residual después de la calibración del instrumento. Es un error pequeño y se publica en el manual de la aeronave en conjunto con el error de posición propio del sistema estático. Su corrección según tablas permite convertir la Velocidad Aérea Indicada en Velocidad Aérea Calibrada.

2.1.4.3.2 Error de compresibilidad:

Es propio del Sistema Estático Pitot y no afecta significativamente las indicaciones del Velocímetro bajo 10.000 pies o bajo 200 nudos. Para valores mayores, se compensa según tablas, o puede estar incluido en la calibración del instrumento cuando éste es diseñado para altas velocidades o cuando depende de un control central de datos aéreos. Su corrección permite convertir la Velocidad Aérea Calibrada en Velocidad Aérea Equivalente.

2.1.4.3.3 Error de densidad del aire:

No es propiamente un error, sino una característica del principio de funcionamiento. Sus causas ya se han expuesto ampliamente y su corrección se efectúa mediante el sistema incorporado al instrumento o mediante el computador de vuelo, Dalton o semejante. Esta corrección permite convertir Velocidad Aérea Calibrada o Equivalente en Velocidad Aérea Verdadera.

2.1.4.4 Indicadores de Velocidad Aérea Verdadera y número mach.

La VAV depende de la presión y de la temperatura, y su expresión matemática semejante permite que en el cuociente entre ambos valores se elimine la temperatura, quedando éste sólo en función de la presión.

Al aplicar estos conceptos al medidor de VAV ya explicado, con sólo sacar de éste el sensor de temperatura y ajustar las constantes de diseño para la nueva escala se tiene un Indicador de Número Mach.

Dado que el Indicador Mach contiene como parte de él, el mecanismo del Velocímetro original, el nuevo instrumento se organiza de modo que este mecanismo mueve la aguja indicadora sobre la escala fija de velocidades indicadas y el sensor de presión mueve una segunda escala calibrada en números Mach sobre la cual actúa la misma aguja y a su vez contiene la marca constante del Número Mach crítico para el avión en uso. **(Fig 2- 6)**

Figura 2-6

El principio de funcionamiento de los indicadores de Velocidad Aérea Verdadera es igual al velocímetro convencional, con la diferencia que agrega un bulbo aneroide que capta la densidad del aire (altura y temperatura). **(Fig 2- 7)**

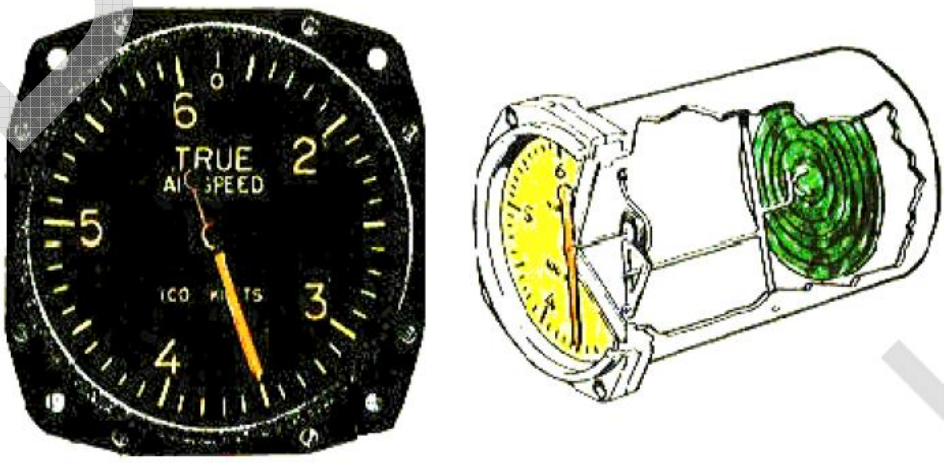


Figura 2-7

Al producirse un aumento en la altura o temperatura, es captado por este bulbo aneroide y provoca una expansión del diafragma y en forma inversa cuando capta una disminución de altura o temperatura, produce una contracción en el diafragma.

El error de compresibilidad está considerado en este instrumento. En aquellos aviones que se usan C.A.D.C. se reduce casi a cero el error de instalación.

NOTA: La velocidad del sonido está considerada con relación a la VAV de la aeronave.

Ejemplo: Si un avión vuela a 300 kts. VAV siendo la velocidad del sonido 600 kts., el avión está volando a 0.5 MACH.

2.1.4.5 Otros Tipos de Indicadores de Velocidad.

2.1.4.5.1 Indicador de Velocidad Máxima Permisible

Su propósito es indicar la velocidad aérea máxima permisible a cualquier altitud, de acuerdo al número MACH propio de cada avión. Este indicador incluye una aguja de máxima velocidad permisible, cuya indicación disminuye con la altitud. Funciona por medio de un aneroide, que se agrega al indicador de velocidad corriente por medio de la aguja indicadora. **(Fig 2- 8)**

Figura 2-8

2.1.4.5.2 Indicador de Velocidad MACH

Es usado en el sistema de instrumentos de panel integrado y escala vertical. Para su funcionamiento emplea el principio de presión diferencial sin embargo estas informaciones son procesadas por un computador de datos aéreos y convertidas en señales eléctricas, las cuales gobiernan los indicadores. Unas banderas de avisos aparecen en la escala del AMI, toda vez que se produzcan fallas eléctricas del instrumento.

2.1.5 Altímetro

El altímetro es un barómetro de tipo aneroide conectado al conducto de Presión Estática del Sistema Estático Pitot, cuyas indicaciones de altitud aparecen sobre una escala graduada en PIES, unidad adoptada como standard por la O.A.C.I.

La escala en referencia, está calibrada bajo condiciones de atmósfera standard, pero dispone de un mecanismo de corrección que permite ajustarla según las variaciones de la presión barométrica. El ajuste se efectúa en otra escala que se muestra a través de la llamada ventanilla de Kollsman. **(Fig 2- 9)**

El fin del altímetro es medir la altitud, a la cual se encuentra el avión sobre un plano de referencia determinado. Esta información es de vital importancia, para mantenerse separado del terreno y de otros aviones. Para utilizar el altímetro en vuelo por instrumentos, es esencial que usted tenga una comprensión cabal de su principio de operación y del efecto de la presión barométrica sobre el altímetro.

Figura 2-9

B.E.I.

2.1.5.1 Tipos de Altitudes

La separación vertical de una aeronave se basa en ajustes de altímetro locales. Los tipos señalados a continuación son importantes porque las variaciones de presión en una ruta requieren cambios en el ajuste del altímetro, y los cálculos de la V.A.V. se basan en conversiones de la temperatura y de la presión.

2.1.5.1.1 Altitud

Distancia vertical entre nivel, punto u objeto, considerado como punto y el nivel medio del mar.

2.1.5.1.2 Altitud Absoluta

Distancia vertical desde la superficie del terreno medido directamente bajo el avión. Se le denomina también altura. **(Fig 2- 10)**

2.1.5.1.3 Altitud De Presión

Altitud sobre el plano estándar (El plano estándar está determinado en función de I.S.A.- (Internacional Standard Atmosphere). La I.S.A. es una atmósfera calculada internacionalmente a 45º Lat. Norte o Sur, a nivel del mar, con una temperatura de 15º C y con una presión de 29.92 pulg. Hg. o 1013.2 hectopascales. **(Fig 2- 10)**

2.1.5.1.4 Altitud De Densidad

Es la altitud de presión corregida por temperatura. Corresponde a la altitud en atmósfera standard a la cual existe el valor de densidad observado. (Si las condiciones son estándar las altitudes de presión y densidad deben coincidir).

2.1.5.1.5 Altitud Indicada

Es la que se lee directamente en el instrumento cualquiera sea su plano de referencia.

2.1.5.1.6 Altitud Calibrada

Es la altitud indicada corregida por error de escala según cartilla.

2.1.5.1.7 Altitud Verdadera

Es la separación vertical de la aeronave con respecto al nivel del mar. **(Fig 2- 10)**

2.1.5.1.8 Nivel De Vuelo

Corresponde a la separación vertical de la aeronave con respecto a una superficie de presión de 29,92" de Hg., denominada plano de referencia standard.

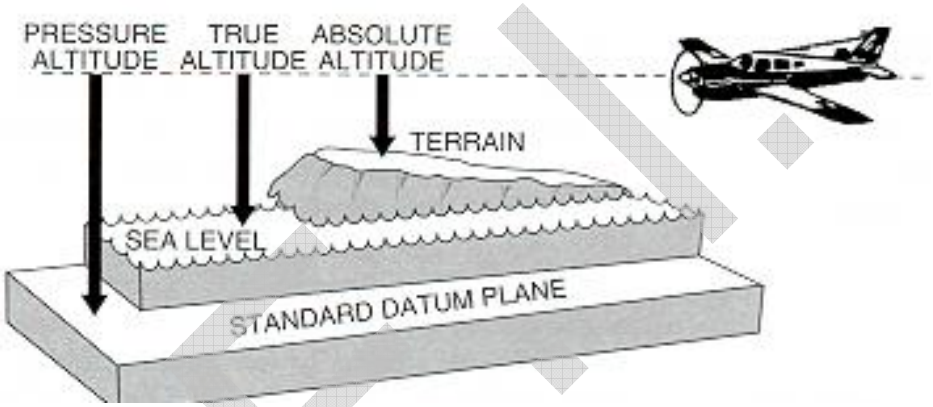


Figura 2-10

2.1.5.2 Medición de Altitud

La presión de la atmósfera disminuye a medida que aumenta la altitud. Si esta presión se mide por algún medio mecánico, se puede relacionar con la altura ya sea en pies, metros u otra medida lineal. La altura en la cual se percibe una presión en particular varía con las condiciones atmosféricas. Para entregar o tener un patrón de referencia para la medición de altura se ha elaborado una carta de Atmósfera Internacional.

Una gráfica corriente de la atmósfera suministra una referencia para las mediciones de altitud. Los altímetros barométricos están diseñados para mostrar una altitud relativa a la diferencia de presión mostrada en la gráfica. Por ejemplo, si la escala barométricase ha hecho con referencia a 29.92 pulgadas Hg. y el instrumento tiene una presión estática de 20.58 pulgadas Hg, el altímetro indicará 10.000 pies. La diferencia de presión entre el nivel del mar y 10.000 pies en un día normal es de 9.43 pulgadas Hg.

2.1.5.3 Principio de Operación del Altímetro

2.1.5.3.1 Componentes

- Una caja sellada a la cual llega presión estática.
- Anillos aneroides interconectados entre sí.
- Mecanismo de relojería para transmitir la información a la carátula.
- Agujas indicadoras.
- Una escala barométrica ajustable.

2.1.5.3.2 Funcionamiento

El mecanismo del altímetro está constituido por una cápsula aneroide hermética, contenida en una caja sellada, que se conecta a la línea de presión estática del Sistema Estático-Pitot. Esta presión, al actuar sobre la cápsula, produce en ella un mayor o menor aplastamiento según sea su magnitud, efecto que se emplea para accionar el sistema indicador. Normalmente, para hacer más sensible al sistema, se acoplan tres cápsulas en serie. **(Fig 2- 11)**

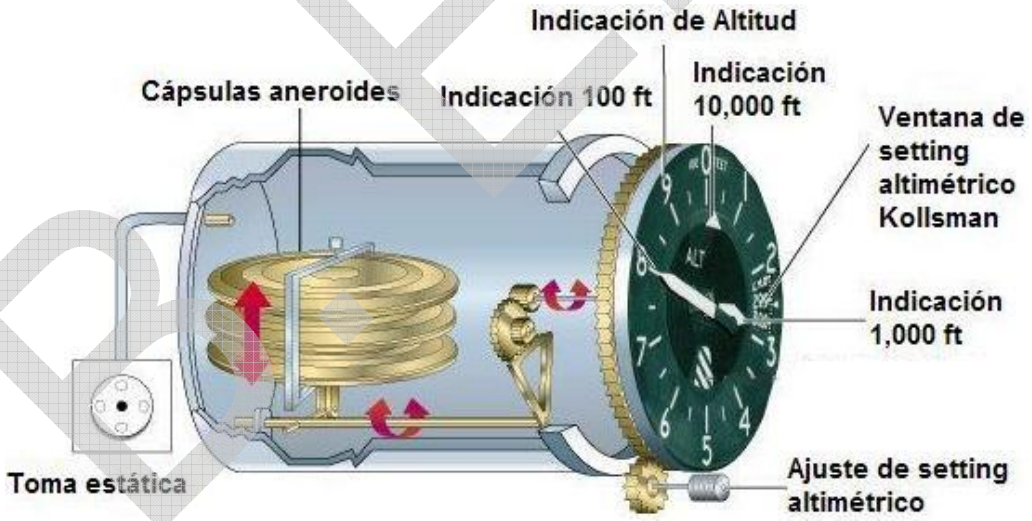


Figura 2-11

Las cápsulas se fijan en un extremo, a la caja sellada del instrumento, a través de un mecanismo de calibración, mientras que por el otro extremo se unen a las agujas indicadoras a través de un mecanismo de relojería que convierte los desplazamientos de las cápsulas en rotación del eje de las agujas. Todo el conjunto está estabilizado térmicamente mediante bimetales correctores, que lo hacen prácticamente insensible a los cambios de temperatura. Dispone además de ajustes de ganancia que permiten calibrar la escala a la curva teórica de la Atmósfera Standard.

El conjunto aneroide-mecanismo de relojería, está montado fijo a un disco, que al girar accionado por la perilla ya mencionada, permite el ajuste de presiones o ajuste de QNH.

La presión estática llega desde los orificios estáticos directamente a la caja sellada. Cualquier cambio de presión estática, es captado de inmediato por estos anillos aneroides y se va a manifestar en contracciones o expansiones de estos anillos. A medida que la presión estática disminuye (ascenso), los aneroides se expanden transmitiéndoles esta información en forma mecánica a las agujas indicadoras.

En un descenso a medida que aumenta la presión, los anillos se contraen. En caso de aviones con C.A.D.C. estos movimientos de anillos son los que se transmiten como señales eléctricas en la indicación del instrumento. Los anillos aneroides están calibrados de fábrica para una expansión predeterminada para cada cambio de presión.

Ejemplo: por cada cambio de 0.01 pulg. de Hg. corresponderá una determinada expansión o contracción que indicará un movimiento de 10 pies. Normalmente los altímetros tienen topes para la escala barométrica ajustable, que permite indicaciones entre 28.10 pulg. y 31.00 pulg. de Hg.

2.1.5.4 Setting de Altímetro

2.1.5.4.1 QNH

Es el valor de la presión atmosférica a nivel medio del mar (MSL) o Nivel Cero, en una atmósfera de gradiente térmico standard. **(Fig 2- 12)**

Se obtiene midiendo la presión que existe en la superficie de la tierra y convirtiendo esta presión a la presión que teóricamente debería tener este punto a nivel del mar, sumándose o restándose, dependiendo de los cambios atmosféricos que se produzcan con respecto al estándar.

Ejemplo: Un aeropuerto tiene una elevación de 1.000 pies y de acuerdo a ello, su estándar de presión es de 28.86 pulg. de Hg.

Para obtener el QNH, primero se determina la diferencia de presión entre el estándar a nivel del mar y el estándar del aeropuerto:

29.92
-28.86
1.06 Pulg. de Hg.

Esta diferencia se suma a la presión actual del campo.

29.32
+1.06
30.38

Si se ajusta en la escala barométrica el valor 30.38, el altímetro debería indicar
1000'.

2.1.5.4.2 QFE.

Es la presión actual del campo y no corregida al nivel del mar. Este ajuste normalmente no se usa en vuelo y sólo se aplica para revisar la calibración del altímetro. **(Fig 2- 12)**

2.1.5.4.3 QNE.

Una tercera forma de calibración del altímetro resulta de ajustarlo a la Presión Standard de 29,92" de Hg. En este caso se está usando el altímetro en la misma forma que si no tuviera mecanismo de ajuste de presión. Su curva de calibración es ahora la que corresponde a la Atmósfera Standard y en consecuencia va a medir altitud sobre una superficie de referencia cuya presión es 29,92" de Hg. A esta altitud se la denomina Altitud de Presión teniendo como sinónimo el término Nivel de Vuelo, usado por el ATC para fines de control de tráfico. **(Fig 2- 12)**

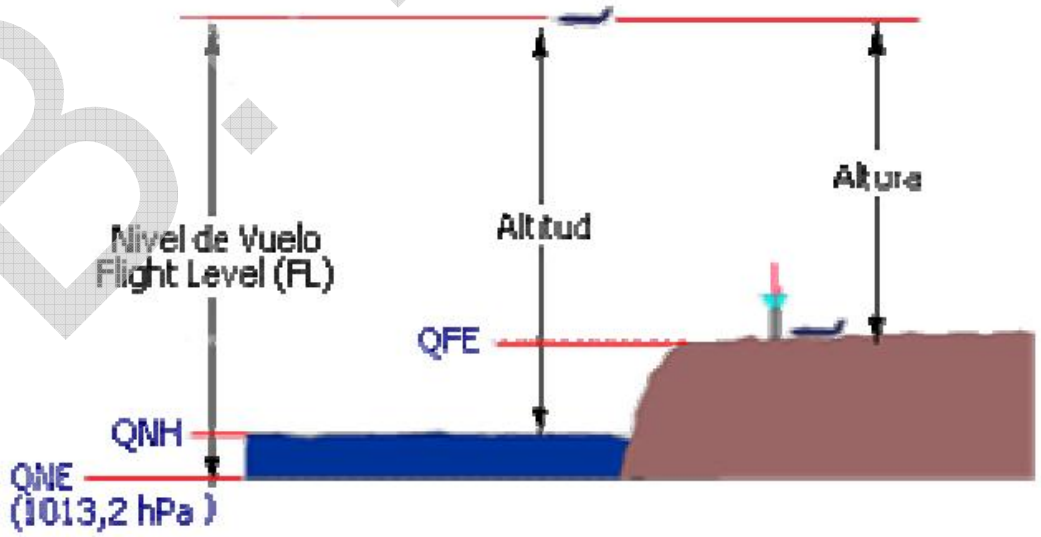


Figura 2-12

2.1.5.5 Errores del Altímetro

2.1.5.5.1 Error De Escala

Se produce debido a que los aneroides no adoptan el tamaño preciso, para el cual fueron diseñados, para cada cambio de presión. Este error normalmente se tabula para ser considerado en vuelo.

2.1.5.5.2 Error De Fricción

Se produce por fricción en los elementos mecánicos del altímetro que no deberían rozarse. Este error se manifiesta con un pequeño retardo en la indicación.

2.1.5.5.3 Error Mecánico

Se produce por descalibración en general de los componentes del altímetro. Este error es el más común y es el que se revisa previo al vuelo con un máximo permisible de + / - 75'.

2.1.5.5.4 Error De Histéresis

Se manifiesta como un pequeño retardo, debido a las propiedades elásticas de los componentes del altímetro Es más notorio en los aneroides y ocurre normalmente, después de cambios bruscos de altitud.

2.1.5.5.5 Corrección de Altímetro en Tiempo Frío

Al encontrarnos en una aproximación a un aeródromo que esta bajo condiciones no estándar de temperatura, nuestro altímetro indicará los cambios de presión asociados pero sin aviso alguno; pudiendo eventualmente llevarnos a condiciones marginales de franqueamiento de obstáculos.

Este error de lectura versus altitud cobra vital importancia cuando se considera los mínimos de franqueamiento de obstáculos en una aproximación. Es por eso que la O.A.C.I. ha publicado una tabla de corrección de altímetro en tiempo frío. Esta corrección se debe sumar a las altitudes de los fix de la aproximación como también a la D.H. o M.D.A., cuando la temperatura de aeropuerto sea 0° C o inferior.

B.F.I.

Temperatura reportada en C°	Altura sobre el aeropuerto en pies													
	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000
0	20	20	30	30	40	40	50	50	60	90	120	170	230	280
-10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	290	390	490
-20	30	50	60	70	90	100	120	130	140	210	280	420	570	710
-30	40	60	80	100	120	130	150	170	190	280	380	570	760	950
-40	50	80	100	120	150	170	190	220	240	360	480	720	970	1,210
-50	60	90	120	150	180	210	240	270	300	450	590	890	1,190	1,500

NOTA: La temperatura reportada corresponde a la del aeropuerto.

Ejemplo: La temperatura reportada es de -10 grados centígrados (°C) y el FAF se encuentra 1388 pies por encima de la elevación del aeropuerto. Colocando el QNH que le informa ATC o el ATIS puede en realidad dejar a la aeronave unos 140 pies por debajo de la altitud indicada por el altímetro.

Cuando se utiliza la Tabla Corrección de Altímetro en Tiempo Frío, el error de altitud mostrado considera la temperatura del aeropuerto y la temperatura a la altura de la mínima aplicada. Para procedimientos de aproximación IFR, la temperatura informada corresponde a la de la elevación del aeropuerto. Es importante entender que las correcciones se basan en la temperatura del aeropuerto, y no la temperatura observada de la aeronave a la altitud que cruza o a la temperatura reportada a en la altura de la mínima que se aplicará la corrección.

Para ver cómo se aplican las correcciones, tenga en cuenta el siguiente ejemplo:

Elevación Aeropuerto 139 pies
Temperatura Aeropuerto -10 ° C

La aproximación considera los siguientes datos de altura sobre el umbral:

Mínima del FAF: 1388 pies de altura.
MDA: 308 pies de altura,
MDA del circulando: 501 pies de altura (Categoría B).

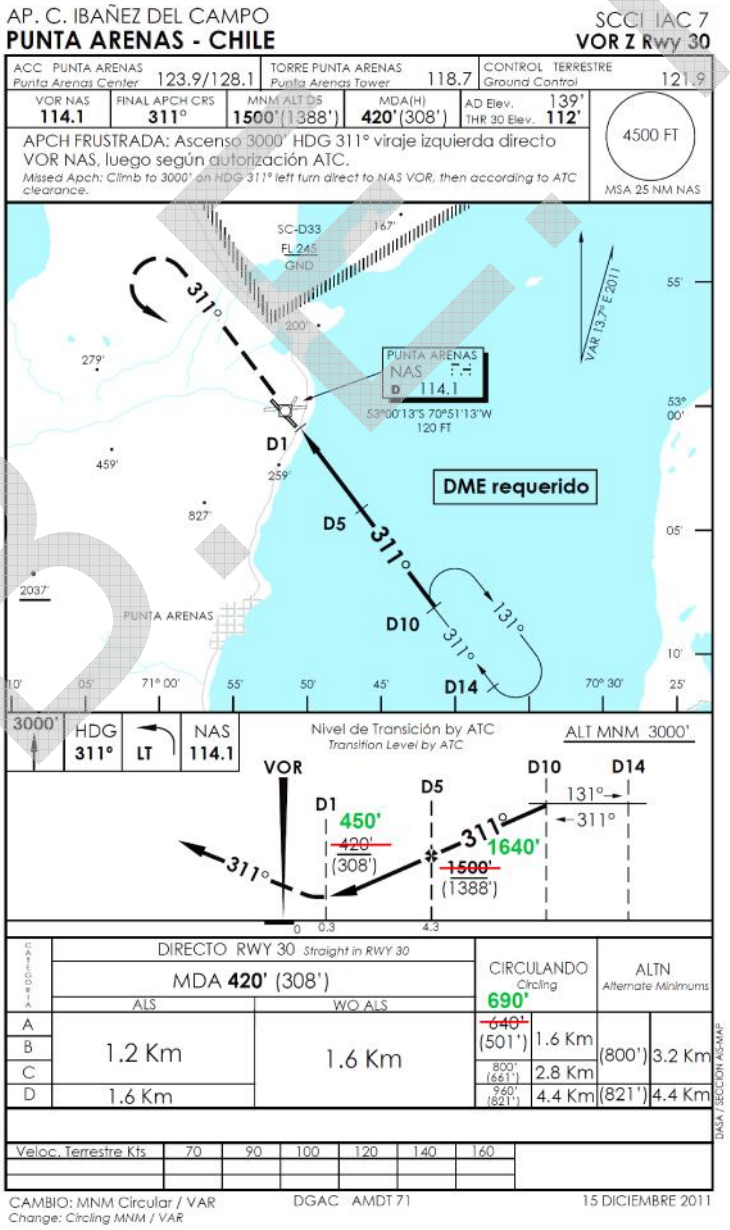
Usaremos el ejemplo para el cálculo del FAF. Los resultados deberán aproximarse a los 100 pies más cercanos, por tanto para 1388 pies ingresaremos a la tabla con el valor de 1400 pies.

B.F.I.

Como no existe el valor de 1400 en la parte superior, obtenemos el valor dividiendo la diferencia de la corrección por la diferencia de altura correspondiente. Es decir, dividimos 50 pies por 500 pies. Como resultado tenemos 0,1 pies de corrección por 1 pie de diferencia de altura. Multiplicamos 0,1 por los 400 pies de diferencia que buscamos, dando como resultado 40 pies. La corrección corresponde a la suma de los 100 pies (1000 pies de altura) más los 40 pies del cálculo anterior, es decir, a la altitud del FAF debemos sumarle 140 pies.

Los resultados de las mínimas corregidas son:

Mínima del FAF: 1640 pies.
MDA: 450 pies.
MDA del circulando 690 pies (Categoría B).



2.1.6 Variómetro

El indicador de velocidad vertical o variómetro, da una medida de la razón de ascenso o descenso e indicación de vuelo nivelado. El uso más importante del variómetro consiste en establecer y mantener descenso durante las aproximaciones. Por eso es importante comprender su operación y sus limitaciones.

2.1.6.1 Principio de funcionamiento

Los elementos componentes del variómetro son: una caja hermética, una cápsula elástica de gran sensibilidad, una unidad de retardo, un mecanismo de relojería y una carátula de presentación.

La cápsula, unida por un extremo a la estructura de la caja a través de un soporte ajustable, se conecta mediante un tubo directamente a la línea estática. Su otro extremo actúa sobre las palancas, engranajes y piñones que convierten su movimiento en rotación de la aguja indicadora. El conjunto de este mecanismo compensa los efectos de cambios de temperatura, mediante bimetales, contrapesos y resortes, que mantienen la estabilidad mecánica del sistema, lo que permite obtener una indicación precisa a pesar de estos cambios. **(Fig 2-13)**

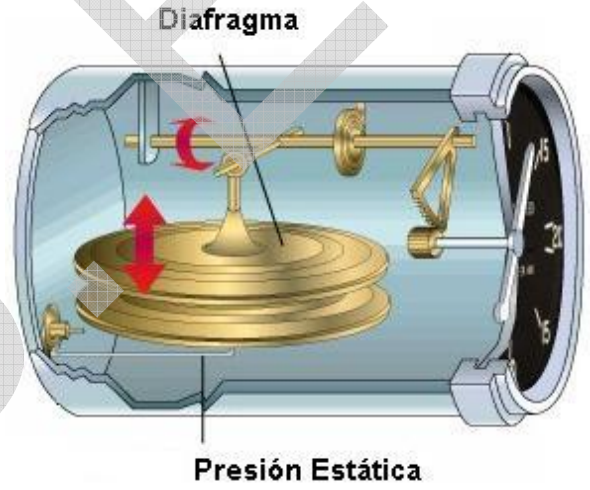


Figura 2-13

La unidad de retardo se compone de un trozo de longitud definida de tubo capilar, conectado a la línea estática que se une por su otro extremo a la caja hermética a través de un orificio calibrado. Estos dos elementos son los responsables de producir la diferencia de presión que hace funcionar al instrumento. Existen unidades más complejas que se construyen en busca de mayor exactitud, pero que se basan en los mismos principios.

El único ajuste por parte del piloto en este instrumento es la indicación cero de la aguja, el que se puede efectuar girando un tornillo accesible desde el exterior que desplaza el soporte ajustable de la cápsula. El rango típico de ajuste es de ± 400 ppm.

2.1.6.2 Errores Del Variómetro

Más que errores, se pueden considerar limitaciones las variables que afectan a este instrumento, ya que son situaciones momentáneas que se presentan producto de turbulencias y / o brusquedad de operación. En ocasiones se puede presentar además el error reverso, producto del sistema estático en sí. Estas limitaciones hacen aconsejable no tomar referencias de este instrumento durante la permanencia de sus causas.

2.1.6.3 I.V.S.I. (Instantaneous Vertical Speed Indicator)

Es un variómetro que elimina el retardo de hasta 9 segundos del variómetro convencional. Para tal efecto usa unos émbolos que dan presión adicional para eliminar este retardo. Los émbolos siempre están alineados con el eje de la tierra. **(Fig 2- 14)**

Figura 2-14

2.2 CENTRAL AIR DATA COMPUTER (C.A.D.C)

2.2.1 Descripción

Un sistema de datos de aire, utiliza el mismo Sistema Estático-Pitót descrito, pero convierte la información recibida en señales eléctricas o códigos digitales. Por lo tanto, este sistema corrige los errores de instalación y de escala en las indicaciones de los instrumentos. Dependiendo del tipo de aeronave, a contar de la década de los 80, la gran mayoría de ellas poseía un sistema de este tipo.

Por razones obvias, los aviones que utilizan el computador de datos aéreos (C.A.D.C.), no pueden utilizar el rompimiento de un instrumento como fuente estática de emergencia, ya que a los instrumentos sólo llegan impulsos eléctricos.

Este sistema se puede utilizar para activar la presión diferencial de los instrumentos del vuelo y para proporcionar la información a numerosos sistemas del avión. Puede incorporar además las siguientes características:

- Sistemas separados piloto/copiloto.
- Autotest
- Monitoreo interno de fallas.

2.2.2 Componentes

- **Sensores:** Miden la presión ambiente alrededor de la aeronave. Todos los sistemas utilizan el tubo pitot, orificios estáticos, y sensor de temperatura. Los sistemas más complejos incorporan el uso de un sensor de ángulo de ataque.

- **Transductores:** Convierten la presión, la temperatura, y los ángulos en voltajes o pulsos digitales. La exactitud y el funcionamiento de los transductores gobiernan la eficacia total del sistema.

- **Computador:** Puede ser diseñado para realizar múltiples funciones, como por ejemplo:

  - Calcular TAS, número mach, corregir la presión estática, y corregir la temperatura exterior.
  - Corregir señales a los transductores.
  - Presentación de la información.
  - Señales que proveen a las computadoras de navegación.
  - Controlar la presurización de la aeronave.

2.2.3 Salidas De Datos De Aire

Un sistema de datos complejo de aire puede proveer una gran cantidad de salidas, muchas de las cuales pueden ser variaciones electrónicas o mecánicas en el método de presentar un parámetro básico del vuelo (Ej. presión estática).

P.E.I.

Algunas de las salidas comunes son:

- Altitud de presión. La presión estática detectada se corrige a la altitud de presión basada en la atmósfera estándar.
- Velocidad Aérea. Puede ser presentado como velocidad aérea indicada o ser convertido en la velocidad aérea verdadera para el uso en la navegación inercial.
- Densidad del aire. Computado según leyes elementales del gas y usado para los controles de motor.
- Número Mach. Calculado de presiones pitot y estáticas.
- Temperatura del aire. Corrige la fricción y la compresión del aire en el sensor de temperatura.
- Ángulo de ataque. El ángulo de ataque verdadero es logrado corrigiendo el ángulo de ataque medido para una velocidad aérea.
- Índice del cambio de la altitud y de la velocidad. Puede ser calculado en la computadora.

2.2.4 Errores Inherentes Del Sistema

Los computadores de datos de aire centrales (CADC) presentan los siguientes errores:

- **Error de posición.** Este error varía con el tipo de avión y la configuración externa. Las pruebas de vuelo se conducen para trazar este error en una velocidad aérea, una altitud, y una curva de la configuración. El fabricante del computador diseña un mecanismo correctivo o un circuito eléctrico para corregir la señal eléctrica de la presión estática hacia los instrumentos. Esto da lugar a velocidad aérea calibrada, a la TAS real, a la altitud calibrada, y a indicaciones verdaderas del Mach en los instrumentos. Debido a que el tipo error es individual para cada aeronave, el CADC tiene que ser adaptado a cada tipo de aeronave.

- **Error de escala.** También llamado error del instrumento. El error de escala se asocia a un sistema particular de aneroide que varía con la altitud. Los aneroides individuales de un CADC en particular pueden presentar el error de la escala. Se diseña un mecanismo especial para corregir la señal de la altitud con el fin de reducir al mínimo los errores.

NOTA:
La falla de ciertos componentes en los instrumentos que reciben información de un CADC puede dar lugar una información inválida sin una bandera o una luz de aviso.

2.3 COMPASES

2.3.1 Magnetismo Básico

Es largamente conocido que algunos elementos tienen el poder de atraer trozos de hierro. Si una aguja de hierro magnetizado es pivoteada en su centro, esta gira hasta que uno de sus extremos queda apuntando al Norte. Siempre el extremo que apunta al Norte es el mismo y se le denomina Polo Norte del imán y al otro Polo Sur. Así nació la más simple de las brújulas. Luego se descubrió que al acercar 2 barras de iguales características por sus polos opuestos se atraían. De ahí nació la "Ley de los Polos". **(Fig 2- 15)**

"POLOS IGUALES SE REPELEN Y POLOS DIFERENTES SE ATRAEN"

Esta barra imantada tenía mayor fuerza de atracción en los polos que en el medio. Esto dio origen a concebir líneas de fuerza que fluyen de un polo a otro, creando así un campo magnético alrededor de la barra.

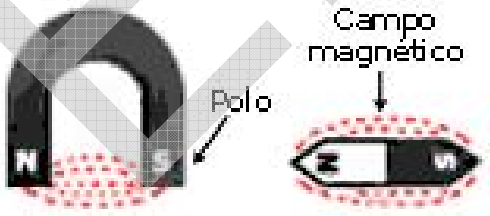


Figura 2-15

Este campo de fuerza tiene sus características:

- Sus líneas de fuerza siempre van de un polo a otro.
- Sus líneas de fuerza nunca se cruzan entre si.
- La fuerza de atracción es siempre mayor en los polos que en la zona intermedia.

2.3.2 Magnetismo Terrestre

El fenómeno del magnetismo terrestre se debe a que toda la Tierra se comporta como un gigantesco imán. Aunque no fue hasta 1600 que se comprobó esta condición, los efectos del magnetismo terrestre se habían utilizado mucho antes en las brújulas primitivas. El nombre dado a los polos de un imán (Norte y Sur) se debe a esta similitud. Un hecho a destacar es que los polos magnéticos de la Tierra

no coinciden con los polos geográficos de su eje. Las posiciones de los polos magnéticos no son constantes y muestran ligeros cambios de un año para otro, e incluso existe una pequeñísima variación diurna solo detectable con instrumentos especiales. El funcionamiento de la brújula se basa en la propiedad que tiene una aguja imantada de orientarse en la dirección norte-sur magnética de la tierra. **(Fig 2- 16)**

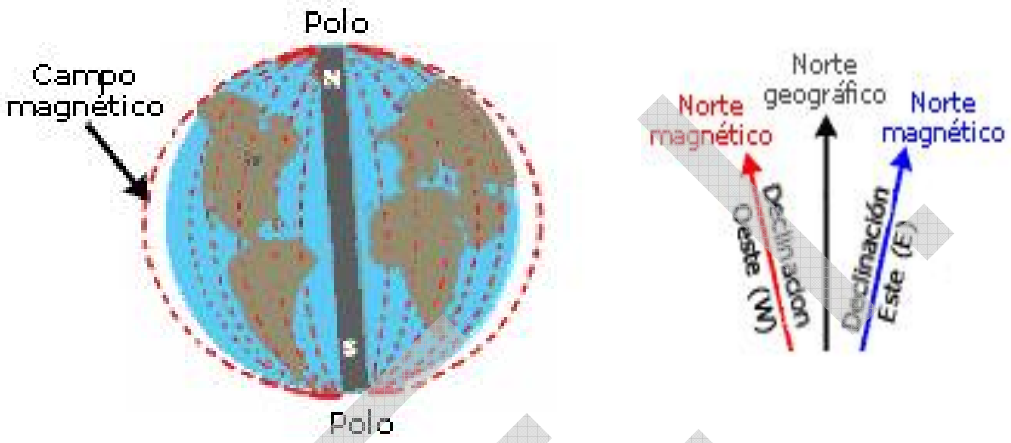


Figura 2-16

De la observación de la figura anterior podemos deducir lo siguiente:

a.- Las líneas de fuerza magnética son paralelas a la superficie de la tierra en el ecuador magnético, pero a medida que continúan hacia los polos magnéticos el ángulo con respecto a la tierra aumenta bruscamente.

Ej: En Lat. 69º Sur la inclinación excede los 84º

b.- Los polos magnéticos de la tierra NO coinciden con los polos geográficos. Esto produce una diferencia angular entre los meridianos geográficos y los magnéticos. Esta diferencia se llama VARIACIÓN MAGNÉTICA.

c.- El polo Norte magnético es en realidad de polaridad magnética Sur. Esto se debe a que el hombre definió arbitrariamente los polos geográficos de la tierra y también los polos magnéticos de un imán. Cuando dicho imán se ubica en la tierra, el polo Norte del imán se orienta hacia el polo Norte de la tierra. Basado en la Ley de los Polos, entonces el polo Norte Geográfico de la tierra debería tener polaridad magnética Sur. Para evitar confusiones al respecto, se determinó designar el polo Norte Geográfico como Magnético, aún teniendo polaridad Sur.

2.3.3 Compás Magnético

Es un instrumento que al orientarse con las líneas de fuerza del campo magnético de la tierra, proporciona al piloto una indicación permanente del rumbo del avión respecto al Norte magnético terrestre. Este instrumento es la referencia básica para mantener la dirección de vuelo.

No necesita energía para su funcionamiento y es usado como instrumento alternativo para casos de falla de los sistemas de compases y para verificación de estos últimos.

a.- Construcción del compás Magnético

Este instrumento está formado por una caja hermética, en cuyo interior hay una pieza formada por dos agujas de acero magnetizadas alrededor de las cuales se ha ensamblado una rosa de rumbos. Este conjunto se apoya a través de una piedra preciosa, para minimizar rozamientos, sobre un eje vertical acabado en punta, de forma que su equilibrio sea lo más estable posible. La caja suele estar llena de un líquido no acido, normalmente queroseno, para reducir las oscilaciones, amortiguar los movimientos bruscos, aligerar el peso de la rosa de rumbos y lubricar el punto de apoyo. La carátula compás gira sobre un pivote y es libre para inclinarse hasta un máximo de 18º. Detrás de la caja de compás se ha instalado un diafragma para permitir cualquier contracción o expansión del líquido y así impedir la formación de burbujas o ruptura de la caja. **(Fig 2- 17)**

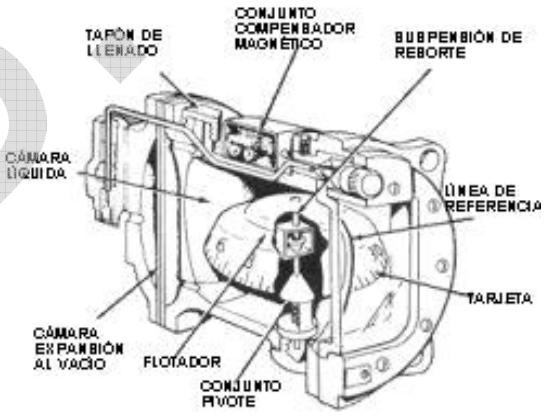


Figura 2-17

La rosa de rumbos está graduada de 5º en 5º, con marcas más grandes cada 10º, y cada 30º un número sin el cero final. Las orientaciones de los cuatro puntos cardinales se representan con sus iniciales (**N** North, **S**- South, **E**- East, **W**- West). **(Fig 2- 18)**

Figura 2-18

En muchas ocasiones, la brújula dispone de una pequeña lámpara para poder realizar lecturas nocturnas.

Como se ha dicho anteriormente, el Norte geográfico y el Norte magnético no coinciden, hay una ligera diferencia. Puesto que las cartas de navegación indican el rumbo *geográfico,* se hace indispensable conocer y corregir esta diferencia.

Se denomina **Variación Magnética** a la diferencia angular entre los meridianos geográficos y los magnéticos. Esto se produce porque los polos magnéticos no coinciden con los polos geográficos. **(Fig 2- 19)**

Esta definición es aplicable para la navegación aérea. Para efectos de navegación terrestre, esta definición corresponde a *declinación terrestre.*

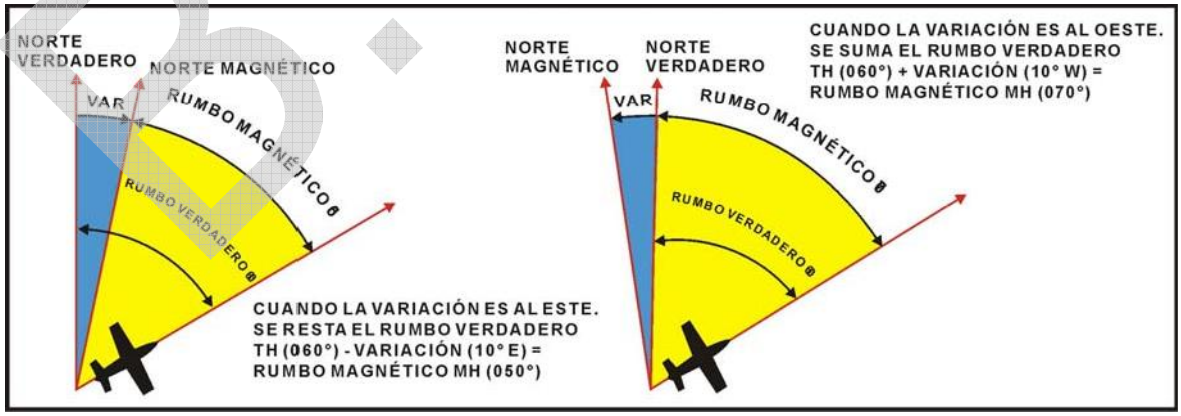


Figura 2-19

Una vez obtenido el rumbo geográfico, se calcula el rumbo magnético: si la declinación de la zona es Este debe restarse el valor de la declinación; si la declinación es Oeste debe sumarse.

Por ejemplo, si la declinación es de 5º Oeste, para volar a un lugar en el rumbo geográfico 210º, hay que mantener un rumbo magnético de 210º + 5º = 215º.

La declinación varía de un lugar a otro. Dado que las variaciones no son muy grandes, se suele asumir una misma declinación para zonas geográficas próximas. **(Fig 2- 20)**

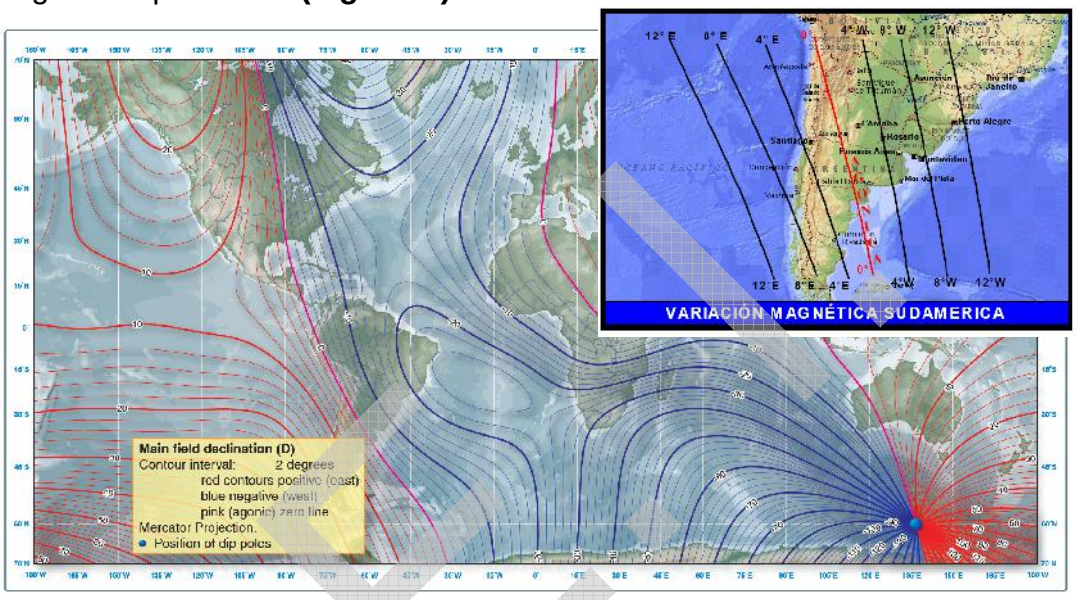


Figura 2-20

Uniendo puntos de igual variación magnética formamos líneas llamadas ISOGÓNICAS. La línea que une puntos de 0 variación magnética se llama AGÓNICA.

2.3.4 Errores del Compás Magnético

El Compás Magnético, tanto por construcción como por funcionamiento, presenta varias limitantes o errores, que deben ser considerados en vuelo, especialmente cuando se presente una falla del sistema de compases.

2.3.4.1 Error de Desvío

Es el error en las indicaciones del compás magnético causado por disturbios magnéticos originados por el mismo avión (motores, equipos electrónicos, etc.) La magnitud del desvío varía de acuerdo a los equipos usados.

Periódicamente, el compás debe ser revisado y compensado para reducir el desvío. Los errores que queden aún después de haber compensado el compás se colocan en una cartilla de corrección en la cabina del piloto.

2.3.4.2 Error DIP

El error DIP consiste en la inclinación del compás a medida que nos acercamos a los polos debido a que las líneas de fuerza magnética de la tierra se van curvando.

Debido a que el centro de gravedad del compás está bajo el pivote y la carátula está bien balanceada, no se inclina y sigue la vertical durante vuelo recto y nivelado y no acelerado.

Existen 3 tipos de errores DIP:

- ERROR DE VIRAJE: Cuando el avión se inclina, la carátula también se inclina. Cuando la carátula se encuentra en esta actitud inclinada, en latitudes Sur, la componente vertical del campo magnético de la tierra hace que la punta del compás magnético que indica el Sur se "caiga" hacia el lado interno del viraje. Este error es más notorio volando a rumbos Norte o Sur. En un viraje desde un rumbo Sur el compás indica brevemente un viraje en sentido contrario; si el viraje es hecho desde un rumbo Norte, el compás indica en la dirección correcta pero a mayor razón que la real. **(Fig 2- 21 y 2-22)**

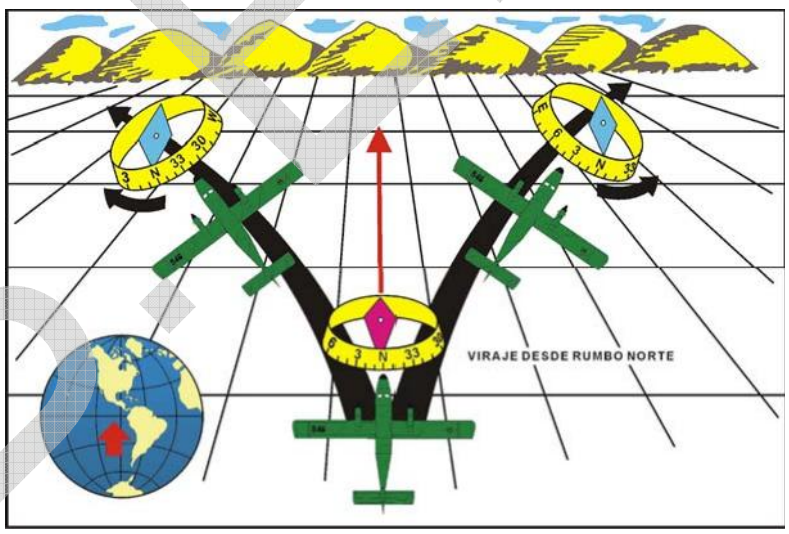


Figura 2-21

En el hemisferio Sur tenemos:
"VIRAJE HACIA RUMBO NORTE INDICA SENTIDO CONTRARIO"
"VIRAJE HACIA RUMBOS SUR INDICA A MAYOR RAZÓN"

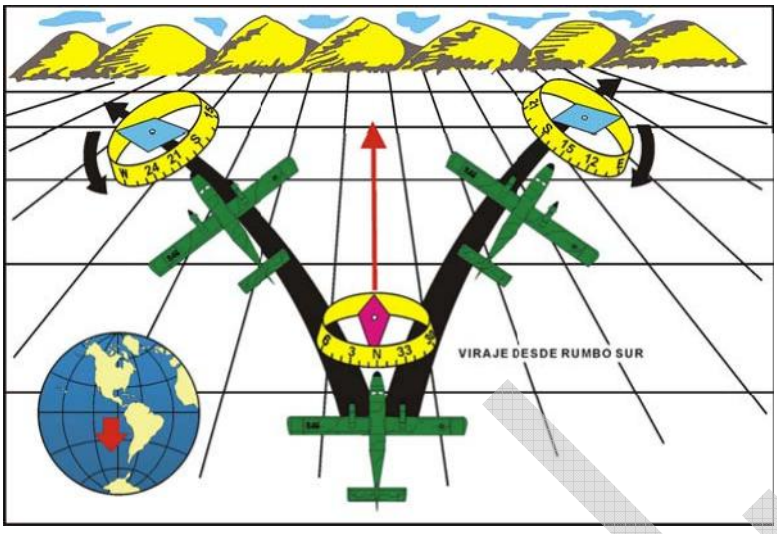


Figura 2-22

NOTA: En el Hemisferio Norte estos errores son invertidos.

- ERROR DE ACELERACIÓN: Se produce por la componente vertical de las líneas de fuerza de la tierra. Debido al montaje tipo péndulo de la carátula, ésta se inclina durante cambios de velocidad. Esta deflexión horizontal, produce un error que es más notorio en los rumbos Este y Weste.

Cuando un avión en el hemisferio Sur acelera en uno de estos rumbos, el error hace indicar un viraje hacia el Sur; si el avión desacelera indica un viraje hacia el Norte. **(Fig 2- 23)**

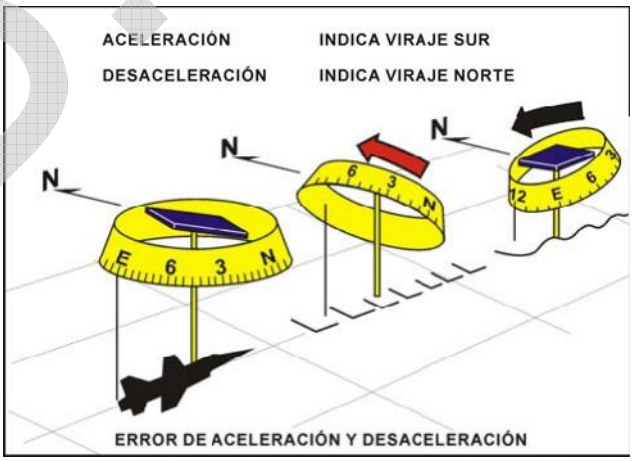


Figura 2-23

- ERROR DE OSCILACIÓN: Este es el bamboleo de la carátula del compás magnético, producto de la turbulencia o la brusquedad del piloto.

Durante la oscilación el compás está afecto a todos los errores DIP.

2.3.5 Limitaciones

El compás magnético es relativamente inestable y debe ser leído sólo en vuelo recto, nivelado y no acelerado. Además, está instalado en la cabina donde es afectado por disturbios magnéticos provocados por otros equipos.

Las limitaciones del compás magnético han sido eliminadas creando sistemas de compases con giróscopos para la estabilización y ubicando el sensor magnético lejos de los disturbios de la aeronave.

2.4 GIRÓSCOPOS E INSTRUMENTOS GIROSCÓPICOS

2.4.1 Generalidades

Un giróscopo es una rueda que tiene su peso concentrado en su periferia. Cuando esta rueda gira a gran velocidad, adquiere rigidez y opone resistencia a cualquier fuerza que trate de botarla o virarla en otra dirección que no sea la de giro.

Los giróscopos son los componentes básicos de varios instrumentos de vuelo siendo los tres principales:

- Indicador de Viraje
- Indicador de Actitud
- Sistema de Compases

Estos instrumentos basan su funcionamiento en las dos principales características de los giróscopos que son la RIGIDEZ y la PRECESIÓN. Además y dependiendo del uso de ellos, se utilizan Giróscopos de montaje Universal o Restringido.

2.4.1.1 Rigidez En El Espacio

Consiste en que al rotar un giróscopo a altas velocidades, el eje de éste MANTENDRÁ SU ORIENTACION CON RESPECTO AL ESPACIO, sin importar los movimientos de la base. **(Fig 2- 24)**

B.E.I.

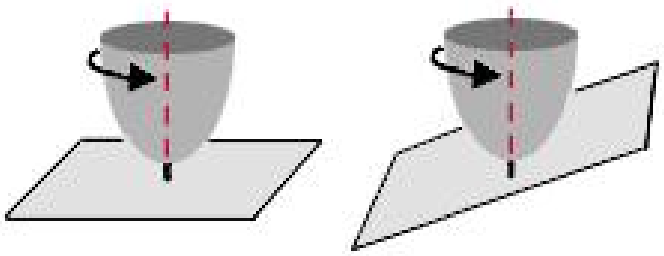


Figura 2-24

2.4.1.2 Precesión

Con el fin de servir de referencia de actitud, el eje de rotación del giróscopo debe mantenerse alineado en relación con la superficie de la tierra. Cualquier movimiento (Real o Aparente) del eje de giro es llamado:

2.4.1.2.1 Precesión Aparente

Ya sea por la rotación de la tierra o el movimiento del giróscopo de un punto geográfico a otro, el eje de rotación permanece constante en el espacio. Sin embargo, para un observador desde la tierra, el eje de rotación parece cambiar su orientación en el espacio. **(Fig 2- 25)**

Figura 2-25

B.E.I.

2.4.1.2.2 Precesión Real

Consiste en el movimiento del eje de rotación del giróscopo desde su alineamiento original en el espacio. Esto responde a una fuerza aplicada sobre este eje.

Esta fuerza puede ser no intencional como un desbalance del rotor o fricción del rodamiento. También, puede ser una fuerza aplicada por el sistema de erección del mecanismo o el motor de torque. **(Fig 2- 26)**

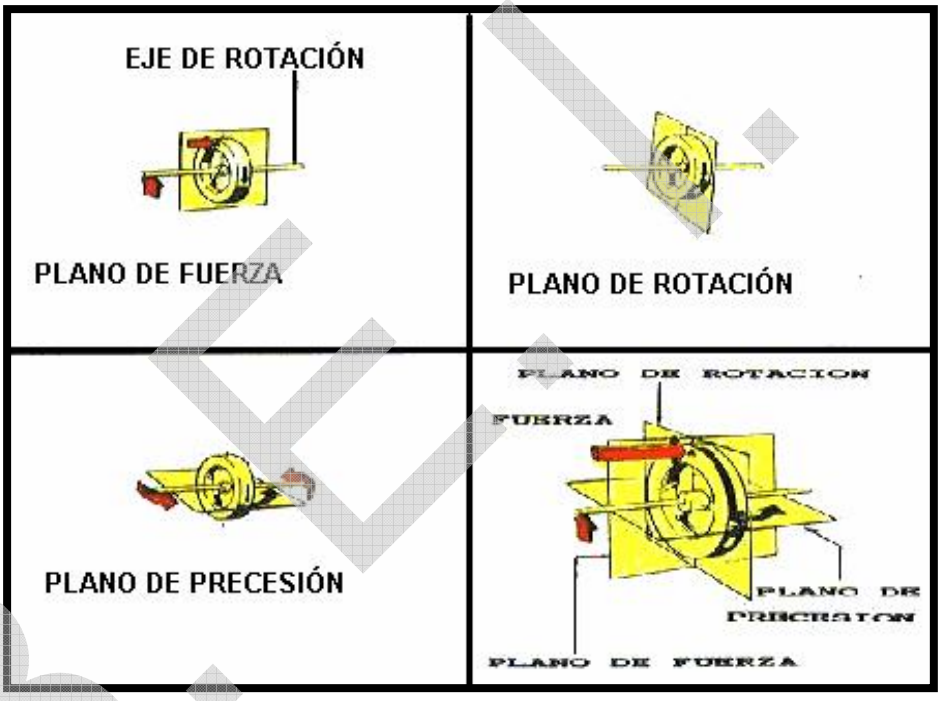


Figura 2-26

2.4.2 Tipos De Montaje

2.4.2.1 Universal

Permite que el giróscopo gire y se incline. Posee 3 o más anillos gimbales.

2.4.2.2 Restringido

Permite solo inclinación del eje de giro. Posee un anillo gimbal.

2.4.3 Fuentes De Poder

Las fuentes de poder para hacer girar el rotor de un giróscopo, son eléctricas o mediante sistemas de succión.

2.4.4 Uso De Los Giróscopos

El giróscopo del indicador de viraje tiene un MONTAJE RESTRINGIDO con un giróscopo horizontal y usa la propiedad giroscópica de PRECESIÓN REAL para su operación.

Los indicadores de actitud y sistemas de compases tienen ambos, giróscopos con MONTAJE UNIVERSAL y usan la propiedad de RIGIDEZ EN EL ESPACIO, para establecer un plano de referencia y la PRECESIÓN REAL para mantener el eje del giro alineado con la superficie terrestre.

2.4.4.1 Indicadores de Actitud

Proporcionan al piloto un substituto del horizonte natural que ayuda a mantener la actitud deseada de la aeronave durante un vuelo instrumental. El primer indicador de actitud fue originalmente conocido como Horizonte Artificial, posteriormente como Giro Horizonte, llegando a la actualidad a su actual denominación.

2.4.4.1.1 Componentes

Está compuesto por un giróscopo de montaje universal con eje vertical el que gira con energía proveniente de un sistema de succión o eléctrica. El giróscopo normalmente va montado en un doble gimbal, lo que permite que el avión se mueva en pitch y roll mientras el giróscopo se mantiene fijo en el espacio. Un disco de horizonte va unido a los anillos gimbales de manera que se mantiene en el mismo plano del giróscopo y el avión se mueve sobre él. En los instrumentos más antiguos se usaba sólo una barra simulando el horizonte. Ahora se utiliza este disco con una línea que representa al horizonte con marcas de pitch y líneas de inclinación alar. La parte superior del dial de inclinación alar y el disco de horizonte es azul representando el cielo; la mitad inferior es café representando la tierra. Las barras de roll van normalmente en la parte superior del instrumento(pueden ir abajo en algunos) e indican la inclinación alar por medio de líneas que indican 10°, 20°, 30°, 60° y 90°. **(Fig 2- 27)**

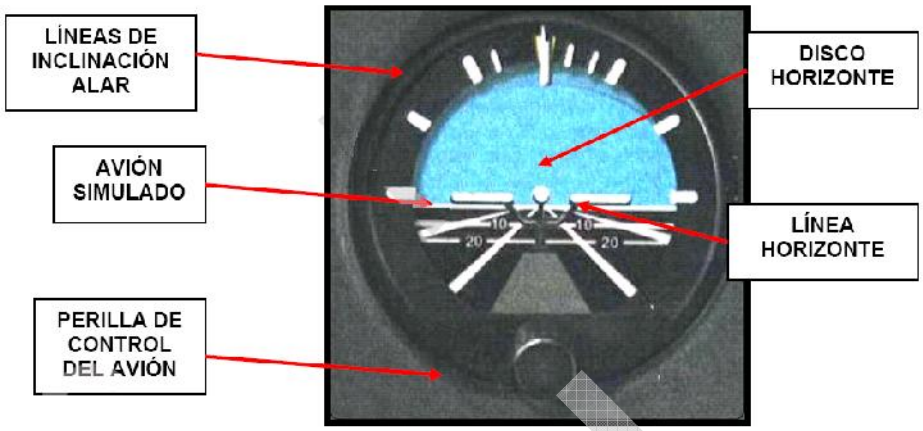


Figura 2-27

Un avión simbólico va montado en la caja del instrumento de tal forma que parece que va volando en relación con el horizonte. Una perilla instalada en la parte inferior del instrumento sube o baja este avión con el fin de compensar por cambios de pitch producidos por cambios de velocidad. El ancho de las alas y del punto al centro de la aeronave representan aproximadamente un cambio de pitch de 2°.

Con la finalidad de que el indicador funcione correctamente y poder compensar el o los efectos de fuerzas interiores del mecanismo, es que el instrumento posee un sistema de erección que devuelve el giróscopo a su posición vertical.

Los indicadores de actitud actuales están prácticamente libres de errores. Sin embargo, dependiendo de su sistema de erección, puede ocurrir una pequeña indicación nariz arriba durante aceleraciones y nariz abajo durante desaceleraciones rápidas. Además, existe la posibilidad de una pequeña indicación en pitch o roll después un viraje de más de 180°. Todos estos errores son pequeños y se corrigen automáticamente después de aproximadamente 1 minuto en vuelo recto y nivelado.

2.4.4.2 Indicadores de Actitud con Unidades Remota

Son indicadores de actitud que llevan separado el giróscopo del indicador (unidad remota), permitiendo con esto mayor espacio para mejores giróscopos y mecanismos de erección.

Uno de los refinamientos más avanzados es la introducción de un Giro de Razón Interruptor. Este es un giro de eje horizontal y montaje restringido, similar a un indicador de viraje, que cuando detecta que el avión está virando corta el mecanismo de erección normal, para prevenir que el eje del giróscopo principal se oriente

a la gravedad falsa.

Un sistema tipo posee los siguientes componentes:

- GIRÓSCOPO VERTICAL (actitud) Es el que da la indicación de actitud al indicador.
- MECANISMO DE ERECCIÓN. Mantiene el eje del giro perpendicular a la superficie terrestre, mediante motores de torque.
- GIRO INTERRUPTOR DE RAZÓN. Giróscopo horizontal que desconecta el

sistema de erección cuando el avión vira a más de una razón determinada de viraje.

- UNIDAD RETARDADORA. Tiene por misión impedir que el giróscopo se erecte cuando el avión se inclina producto de turbulencias o aceleraciones.
- SISTEMA DE ERECCIÓN RÁPIDA. Por medio de un interruptor o botón, el piloto puede apurar el sistema de erección aplicando energía al motor de torque. Los errores de aceleración y desaceleración son corregidos a una razón determinada.

2.4.5 Indicador de Viraje

Este instrumento está compuesto por la AGUJA INDICADORA DE VIRAJE y el INCLINÓMETRO. Su función *primaria* es entregar información de VUELO COORDINADO Y RAZÓN DE VIRAJE. Su función *secundaria* es la de proporcionar una capacidad alterna para reconocer la INCLINACIÓN ALAR, medida en grados por segundo. **(Fig 2- 28)**

2.4.5.1 Aguja Indicadora de Viraje

Esta aguja indica la RAZÓN DE VIRAJE en grados por segundo. Cualquiera sea el instrumento que se utilice, un viraje estándar (3º por segundo) se representa alineando la aguja bajo la indicación de viraje (doghouse) dependiendo del instrumento que use:

- En un instrumento de 2 minutos, la indicación de viraje (doghouse) corresponderá cuando la aguja se encuentre a un ancho de separación del centro.

- En un instrumento de 4 minutos, la indicación de viraje (doghouse) corresponderá cuando la aguja se encuentre a dos anchos de separación del centro.

Figura 2-28

En general, ambos instrumentos usan para su operación un giróscopo con montaje restringido de eje horizontal, el cual tiene solamente la capacidad de inclinarse. La inclinación del giróscopo es mostrada al piloto, como la deflexión de la aguja cada vez que corresponda y la indicación máxima de viraje mostrada en ambos instrumentos, es un poco superior a 3º por segundo.

Los indicadores de viraje pueden usar fuentes de poder a succión o eléctricas.

2.4.5.2 Inclinómetro

Es un tubo de vidrio curvo y sellado que contiene kerosene y una bola de ágata o balín de acero. Es usado para indicar un vuelo coordinado y las fuerzas que actúan sobre la bola son la GRAVEDAD y FUERZA CENTRIFUGA.

Durante un vuelo coordinado, ambas fuerzas están balanceadas, por lo que la bola permanece en la parte baja del tubo. Cuando se produce un desbalance de fuerzas, la bola se mueve del centro mostrando un PATINAJE (SKID) o un RESBALAMIENTO (SLIP).

2.4.5.2.1 Patinaje

Ocurre cuando la razón de viraje es muy grande para la inclinación alar, lo que produce una excesiva fuerza centrífuga que mueve la bola hacia fuera del viraje.

Se corrige aumentando la inclinación alar, o disminuyendo la razón del viraje.

2.4.5.2.2 Resbalamiento

Ocurre cuando la razón de viraje es muy pequeña para la inclinación alar, la falta de fuerza centrífuga mueve la bola hacia el interior del viraje. Se corrige disminuyendo la inclinación alar o aumentando la razón de viraje.

2.4.6 Sistemas de Compases Giro-Estabilizados

Existen varios tipos de sistemas de compases o indicadores de rumbo, pero en general se pueden clasificar en:

- ESCLAVOS
- NO ESCLAVOS

La diferencia fundamental radica en que un sistema NO ESCLAVO utiliza el giroscopio sólo como referencia direccional. En el caso de un sistema ESCLAVO, este giróscopo se mantiene orientado al Norte Magnético, mediante las señales de un sensor magnético.

Un sistema tipo posee los siguientes componentes:

2.4.6.1 Transmisor Compás Remoto (Válvula de flujo)

Este es el sensor magnético, que capta las líneas de fuerza magnética de la tierra y las utiliza para orientar al eje del giróscopo direccional, hacia el norte magnético. Cuando se opera el sistema como NO ESCLAVO, esta Unidad está desconectada.

Esta unidad está ubicada en un lugar libre de disturbios magnéticos. El elemento sensible al magnetismo está suspendido como péndulo dentro de una media esfera que le permite libertad de movimiento de hasta + / - 30º. Para prevenir balanceos excesivos, la media esfera está llena de un fluido especial.

Este elemento sensor produce impulsos eléctricos a partir de las líneas de fuerza magnética. Estos impulsos eléctricos son usados por un motor de torque para mantener orientado el eje del giróscopo al Norte Magnético. **(Fig 2- 29)**

R.E.I.

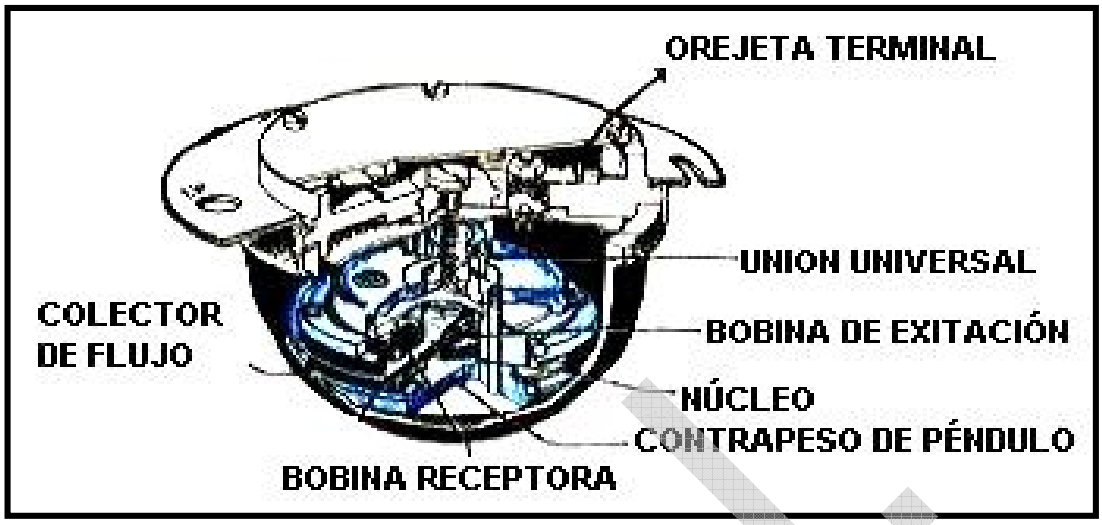


Figura 2-29

Al inclinarse el avión más de 30º en cualquier sentido (alabeo o cabeceo) este sensor produce señales erróneas, por lo cual el sistema de compases da información no confiable. Cuando se recupera al plano horizontal la información vuelve a ser confiable.

2.4.6.2 Giróscopo

Actúa como el componente estabilizador de los sistemas de compases, usando la propiedad giroscópica de rigidez en el espacio. Tiene montaje universal y eje horizontal. Mantiene su posición en el espacio y transmite esta posición a los indicadores. Se mantiene las señales magnéticas del transmisor compás remoto cuando opera en ESCLAVO y en modo NO ESCLAVO, debe ser orientado al Norte magnético en forma manual.

Posee un mecanismo de erección que mantiene su eje horizontal a la superficie terrestre evitando la presesión. Estos mecanismos envían señales eléctricas a un motor de torque que corrige el eje aplicándole una fuerza que lo vuelve a su posición horizontal. El tipo de mecanismo más común es un sensor electrolítico por gravedad. **(Fig 2-30)**

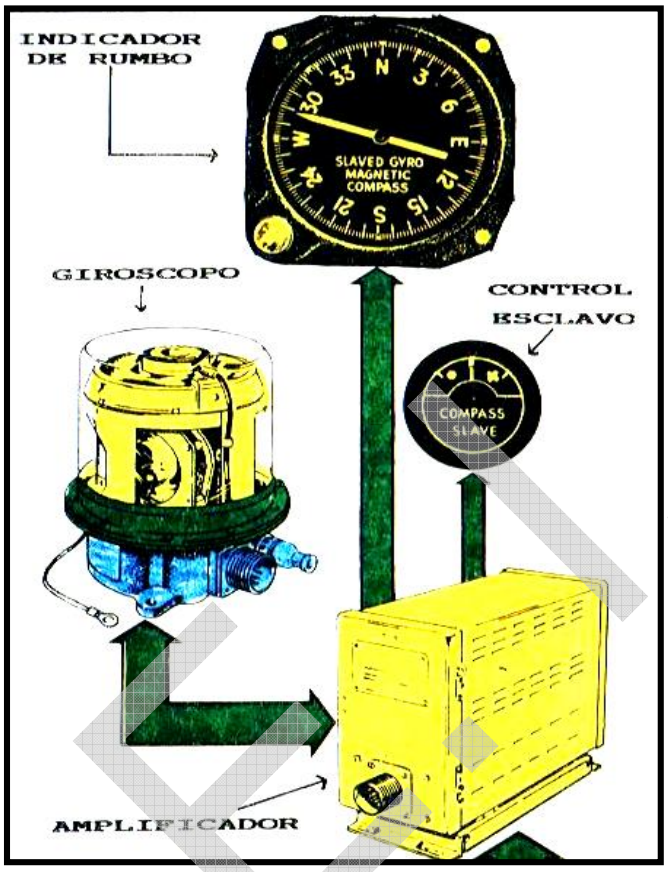


Figura 2-30

2.4.6.3 Amplificador

Es el centro coordinador de todas las señales para el sistema. Durante la operación esclavo, las señales producidas por el transmisor compás remoto son amplificadas, detecta su fase y envía la corrección al motor de torque que orienta el giróscopo al norte magnético.

La señal es amplificada para aumentar su fuerza y facilitar la detección de fase, eliminando así la ambigüedad que pudiera existir en rumbos recíprocos.

2.4.6.4 Indicador De Rumbo

Presenta al piloto el rumbo magnético cuando el sistema opera en ESCLAVO, o la información del giro direccional cuando el sistema opera en NO ESCLAVO

Existen varios tipos de indicadores, pero los más comunes son con presentación del rumbo a través de una aguja sobre una rosa compás móvil que indica el rumbo en un índice en la parte superior. **(Fig 2- 31)**

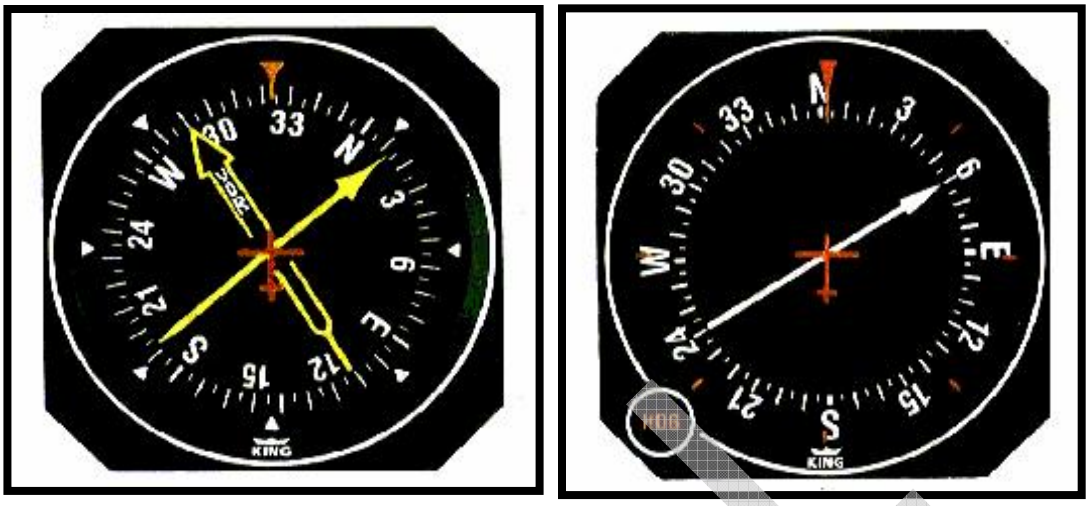


Figura 2-31

Algunos instrumentos incorporan una perilla que permite rotar la carátula compás.

2.4.6.5 Control Esclavo

Es un componente en algunos sistemas de rumbo y funciona similar a un giro de razón en un sistema de actitud. A una predeterminada razón de viraje, el control esclavo desconecta el transmisor compás remoto y al mecanismo de erección, evitando así falsas erecciones u orientación errónea del giróscopo.

2.4.7 Otros Componentes

Indicador de sincronización. Cuando el sistema es usado en el modo esclavo indica que las señales del transmisor compás remoto están siendo usadas para orientar el giróscopo al norte magnético. La aguja de este indicador debe moverse de un lado a otro para indicar que las señales son utilizadas. Además este indicador puede ser usado para orientar el giro manualmente. Esto se efectúa girando la rosa compás hasta centrar la aguja. Esto debe hacerse sólo con las alas niveladas y con el sistema operando en modo ESCLAVO.

2.4.8 Corrección de Latitud

Algunos Sistemas poseen un sistema corrector de latitud para operación en modo NO ESCLAVO. Este sistema reduce el error de presesión aparente causado por la rotación de la tierra y es usado preferentemente en altas latitudes donde el campo magnético de la tierra es muy distorsionado para permitir la operación en modo ESCLAVO.

2.4.9 Errores de los Sistemas de Compases

2.4.9.1 Precesión Real

Durante virajes o durante aceleraciones o desaceleraciones, las fuerzas producidas, combinadas con la fuerza de gravedad, ocasionan que el mecanismo de erección y la válvula de flujo induzcan a error al sistema de compases. Sin embargo, esto es corregido una vez nivelado y en vuelo no acelerado. Para reducir estos errores algunos sistemas incorporan un control esclavo.

2.4.9.2 Deriva Del Giróscopo

Fuerza internas como fricción o desbalance del rotor del giróscopo ocasionan que el eje del giro se desvíe. Esto es solucionado a través del mecanismo de erección. Si el eje de giro del rotor se desvía, el transmisor compás remoto lo reorienta cuando se opera el sistema en ESCLAVO. Usando el sistema en NO ESCLAVO este error se acumula hasta que es reorientado manualmente.

En giróscopos actuales la razón de este desvío puede llegar a ser menor de 1º por hora. En la mayoría, sin embargo, es aproximadamente de 4º por hora.

2.5 ATTITUDE AND HEADING REFERENCE SYSTEMS (AHRS)

Sistemas de Referencia de Actitud y Rumbo, son sensores diseñados para proporcionar información de rumbo, actitud, y de guiñada (yaw) de una aeronave. Fueron diseñados para reemplazar a los antiguos instrumentos giroscópicos con el objeto de proporcionar una mejor precisión.

Normalmente, los AHRS están diseñados con giróscopos (de estado sólido, o sistemas microelectromecánicos también conocidos como MEMS), acelerómetros, y magnetómetros, que proporcionan datos en los tres ejes del espacio. Para mejorar la precisión de los AHRS, se utilizan Filtros de Kalman, de tal manera de discriminar el uso de los sensores internos que se utilizan para determinar cada uno de los ejes.

Los AHRS se diferencian de los sistemas de navegación inerciales en que se basan en el uso de magnetómetros y acelerómetros para corregir los datos (sin procesar) del giróscopo y no computan posición de la aeronave en el espacio. Por tanto son una fuente de información para los instrumentos de vuelo y no un sistema de navegación.

Pueden ser combinados con Computadores de Datos de Aire, pasando a denominarse Air Data Attitude and Heading Reference Systems (ADAHRS), proporcionando así información adicional tal como la velocidad del avión relativa al aire, altitud, y temperatura del aire en el exterior del avión.

Actualmente son de muy bajo costo y su diseño puede ser muy pequeño teniendo la opción de conectarlo a dispositivos móviles como iPhone o iPad para su uso en caso de falla de sistemas principales. (Figura 2-32)

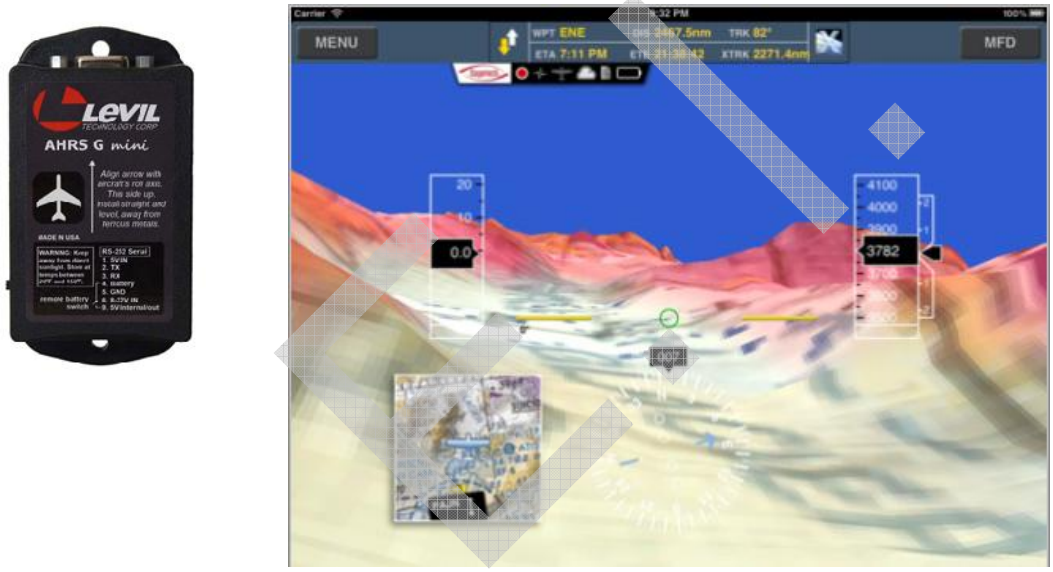


Figura 2-32

2.6 DIRECTOR DE VUELO

El sistema proporciona una presentación de la aeronave y su situación respecto a: un rumbo deseado, cursos V.O.R., distancia D.M.E. y aproximaciones I.L.S.

Los componentes básicos de un Director de Vuelo son: un indicador Director de Actitud (A.D.I.), un indicador de situación horizontal (H.S.I.), un computador anunciador, un control Director de vuelo y Switches GO around. **(Fig 2- 33)**

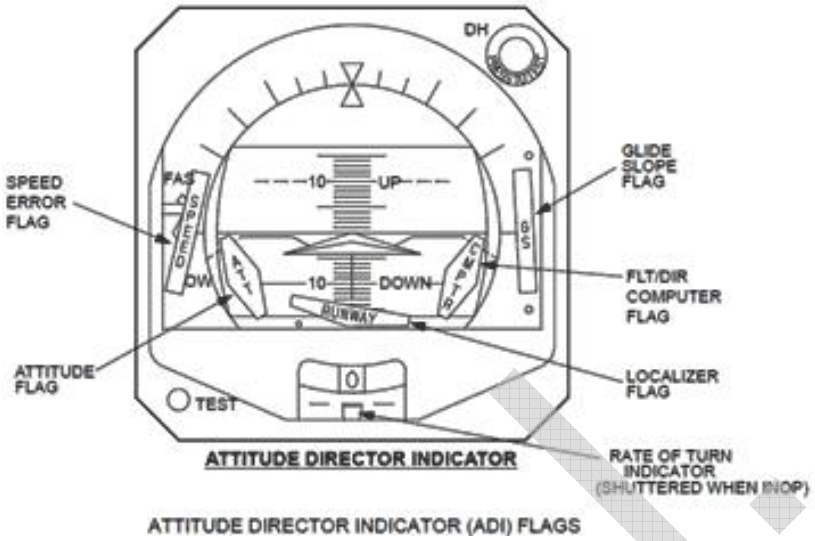


Figura 2-33

2.6.1 Indicador Director De Actitud / Attitude Director Indicador- (A.D.I.)

El A.D.I. consiste de un indicador de actitud, indicador de viraje, indicador de trayectoria de planeo, barras comando y las banderas de aviso (para curso, trayectoria de planeo e indicador de actitud). En algunos ADI se incluye información adicional como radioaltímetro, desviación de la velocidad de aproximación y otros.

El indicador de trayectoria de planeo (Glideslope) presenta la posición de ésta relativa al avión.

Las barras comando muestran información de dirección a virar para volar una trayectoria de vuelo deseada, la cual se logra inclinando el avión hacia la barra, según sea necesario para mantenerlas centradas. Manteniendo la barra centrada, se obtiene la cantidad de inclinación alar necesaria para viraje, y para mantener un rumbo seleccionado o un curso ILS. Lo mismo ocurre en el sentido longitudinal con la trayectoria de vuelo deseada.

NOTA: Las banderas de aviso están incorporadas en el A.D.I. para indicar una falla o una presentación no confiable. El manual de vuelo respectivo indicará cuáles son las banderas de aviso que específicamente se aplican a su avión. En algunos A.D.I. si la energía hacia las barras comando falla, no aparecen banderas de aviso; sino que las barras se centran. Vigile estas banderas para asegurarse que la señal es confiable. En la mayoría de los aviones una bandera de aviso aparece cuando la intensidad de la señal es insuficiente.

La versión electrónica del A.D.I. se denomina E.A.D.I. **(Fig 2- 34)**

Figura 2-34

2.6.2 Indicador De Situación Horizontal / Horizontal Situation Indicador- (H.S.I.)

El indicador de situación horizontal es una combinación de un indicador de rumbo, un indicador radiomagnético (R.M.I.), un indicador de curso y un indicador de distancia.

El rumbo de la aeronave se muestra en una carátula móvil, debajo de la línea de fe superior. La carátula está calibrada en incremento de 5º. La aguja de curso indica la dirección magnética desde el avión a la estación seleccionada en tierra (VOR, TACAN o ADF)

El avión de referencia y el indicador de desviación de curso (C.D.I.) muestran el avión con relación a un curso seleccionado como si el piloto estuviera encima de la aeronave mirando hacia abajo. Cuando se utiliza con el V.O.R. o T.A.C.A.N. en un HSI de 2 puntos a cada lado, cada punto en la escala de desviación de curso indica 5º de desviación, o lo que el respectivo manual de vuelo determine.

Cuando se utiliza con el I.L.S., cada punto indica aproximadamente 1 ¼ de desviación del localizador. **(Fig 2- 35)**

Figura 2-35

La perilla selectora de curso puede utilizarse para seleccionar cualquiera de 360 cursos. Para seleccionar el curso deseado, haga girar la punta de la flecha de curso, sobre la carátula móvil, hacia el curso deseado y efectúe en la ventanilla selectora de curso el ajuste preciso.

El indicador TO-FROM es una pínola de forma triangular. Cuando el indicador señala hacia la cabeza de la flecha de curso, indica que el curso seleccionado si se intercepta y se vuela correctamente, llevará al avión hacia la estación seleccionada, y viceversa.

El indicador de distancia muestra la distancia en millas náuticas en línea recta desde el avión hacia la estación D.M.E. seleccionada.

La perilla selectora de rumbo se utiliza para ajustar el marcador de rumbo a un rumbo deseado. Con el modo correcto seleccionado en la caja de control, el marcador de rumbo se puede subordinar al computador del director de vuelo. De esta manera, cuando se selecciona un rumbo, la barra comando de inclinación lateral indicará la inclinación alar necesaria para virar y mantener el rumbo deseado.

La versión electrónica del H.S.I. se denomina E.H.S.I.

2.6.3 Computador del Director de Vuelo

El computador del Director de vuelo recibe la información de navegación desde los sistemas de navegación, y la información de actitud desde el giróscopo de actitud. Dependiendo de los modos

disponibles y seleccionados, el computador suministra órdenes a las barras comando del ADI.

Las funciones del computador varían con los sistemas, y según los datos pueden ser procesados electrónicamente por el sistema.

En algunos sistemas de Director de Vuelo, la barra comando de inclinación lateral puede usarse para otras maniobras, tales como interceptación de cursos VOR, TACAN y RNAV (Mediante uso de FMS o GNSS).

La información de la barra comando de inclinación longitudinal puede variar desde órdenes para evitar el terreno hasta órdenes para mantener una altitud seleccionada.

En todos los casos, las barras comando de inclinación longitudinal y lateral muestran la información de comando requerida y no la posición real de la aeronave. Consulte el manual de vuelo para las características específicas del sistema instalado en su avión.

2.7 HEAD UP DISPLAY (HUD)

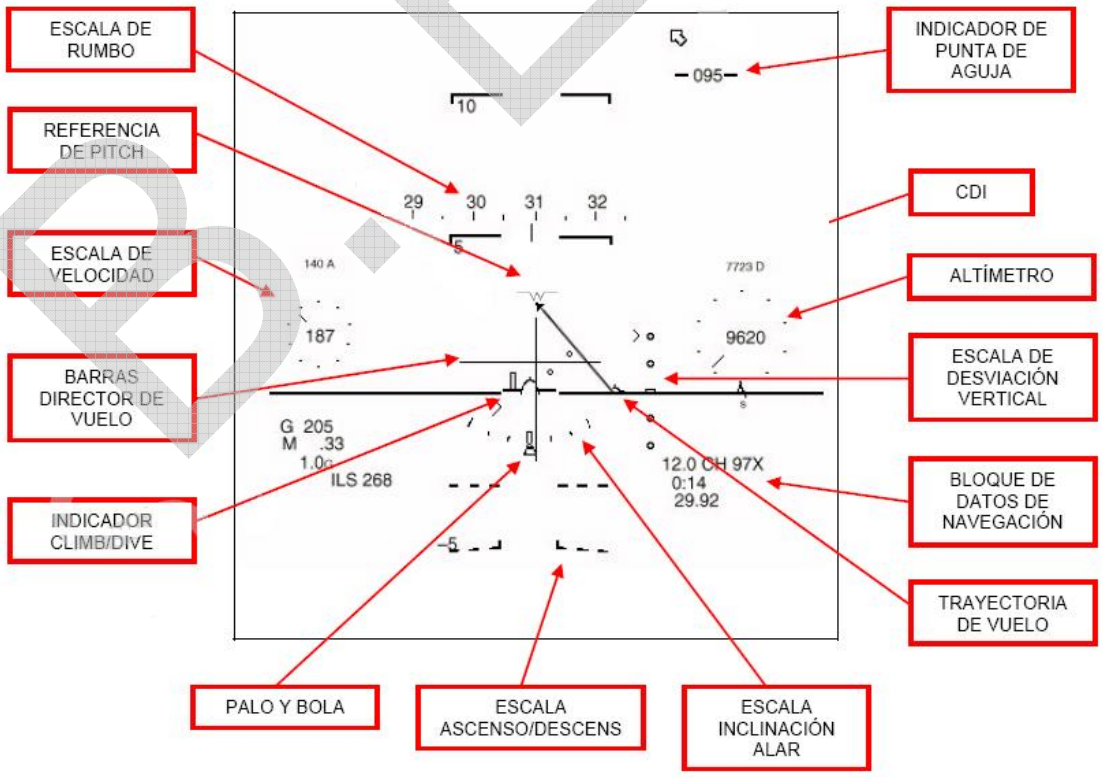


Figura 2-36

2.7.1 Uso General del HUD

En la actualidad existen H.U.D. certificados para ser usados como instrumento primario de vuelo. A pesar de eso, se sugiere que cada unidad estudie y revise el equipamiento que posee su aeronave, y determine en que forma lo utilizará. La sugerencia es usarlo como complemento del cross check general, debido a las limitantes que puede presentar con relación a la información de actitud de la aeronave. La figura ilustra una configuración típica del H.U.D. También figuran varios términos relativos a su simbología. **(Fig 2- 36)**

Consulte el Manual de Vuelo de su avión para obtener la información específica sobre el funcionamiento, la simbología y las indicaciones de fallas del HUD.

2.7.2 Indicaciones del HUD en el vuelo por Instrumentos

El HUD puede emplearse como parte de la comprobación de los instrumentos, o bien como instrumento primario para todo o parte de su vuelo, teniendo en cuenta que algunos sistemas no proporcionan suficientes referencias de la actitud de la aeronave para que el piloto se mantenga suficientemente orientado o para que se pueda recuperar de una actitud anormal. Es importante que el piloto conozca las capacidades y las limitaciones de su H.U.D., de manera que pueda obtener el máximo provecho del sistema y aprender a trabajar con sus deficiencias.

El formato de las escalas y referencias de los H.U.D. puede diferir grandemente de los instrumentos multifunción equivalentes (head-down), pero su información y fuente de origen son generalmente similares, sino idénticas.

2.7.2.1 Indicador de Trayectoria de Vuelo / FLIGHT PATH MARKER – (F.P.M.)

Llamado también Indicador de Velocidad Vectorial (V.V.), según se le denomina en algunos H.U.D., junto con la escala de trayectoria de vuelo es la herramienta del H.U.D. que más se usa durante el vuelo por instrumentos. En síntesis, el F.P.M. es el símbolo que proyecta el cabeceo compensado por el ángulo de ataque, la deriva y la guiñada. Proporciona el vector exacto de la aeronave (asumiendo que el sistema de navegación inercial (I.N.S.) funciona correctamente), y puede usarse para fijar un ángulo exacto de ascenso o descenso con respecto a las líneas de escala de la trayectoria de vuelo representadas en el H.U.D.

La capacidad del F.P.M. de mostrar la trayectoria de vuelo exacta de la aeronave hace que sea un instrumento de control y

comportamiento único en su género. La ventaja principal del vuelo vectorial (F.P.M.) sobre el vuelo de actitud convencional, es la facilidad que proporciona para fijar una trayectoria de planeo precisa en vez de utilizar el A.D.I., el V.V.I. y el indicador de velocidad para una trayectoria de planeo aproximada.

El FPM se puede usar también para determinar donde el avión tocará tierra.

Las desventajas del vuelo vectorial incluyen:

- La tendencia de la imagen de “flotar” en la pantalla, especialmente durante condiciones de viento cruzado.
- El movimiento giratorio que sigue al levantamiento de la nariz de la aeronave.
- La disminución de la utilidad del FPM cuando sobrepasa los límites del campo visual a ángulos de ataque altos y en las situaciones de mucha deriva o guiñada.

2.7.3 Escala de Trayectoria de Vuelo

Típicamente está representada en una relación angular de 1:1 con el “horizonte real”. Sin embargo, algunos HUD comprimen gradualmente la escala a ángulos de ascenso de mayor inclinación para reducir el movimiento de los símbolos y crear una proyección global similar al del indicador de actitud. La escala de trayectoria de vuelo expandida del HUD permite al piloto hacer correcciones más pequeñas y precisas que con las proyecciones multifunción convencionales (head-down display).

Al igual que el FPM, la escala de trayectoria de vuelo tiene uso limitado cuando se aproxima a los límites del campo visual del HUD.

2.7.4 Otras Escalas

Las escalas del HUD (excepto la escala de trayectoria de vuelo) son de por sí repetidoras de los instrumentos básicos de comportamiento. Proporcionan la información de velocidad, altitud, rumbo, velocidad vertical y el ángulo de ataque. Estas escalas, por lo general, constituyen lecturas directas de la información del tubo Pitot estático o de computadora de datos de aire, y son tan confiables como los instrumentos principales.

Una diferencia importante entre las escalas “head-up” y “head-down” es el formato que emplean. Las proyecciones digitales de la velocidad y la altitud son muy precisas pero no muestran claramente las tendencias o los regímenes de cambio.

BFI

Las escalas verticales muestran las tendencias que no son intuitivas (es decir, que la escala de altitud se tuviera que mover hacia abajo cuando la altitud está disminuyendo o que los números altos siempre estuvieran en la parte superior de la escala), y no son tan precisas como las escalas digitales. La escala de rumbo del HUD es más fácil de usar que el indicador de rumbo básico en situaciones de cambios de rumbo pequeños, tales como durante una aproximación final, gracias a su escala expandida; pero es difícil de manejar cuando se utiliza para determinar relaciones angulares con un rumbo deseado u otro tráfico.

La velocidad vertical, que es un elemento indispensable al volar una trayectoria de planeo de precisión utilizando técnicas de referencia de cabeceo convencionales, se convierte en una información extraña cuando se está volando una trayectoria de planeo con un FPM válido.

Es evidente entonces que para alcanzar la máxima efectividad en un vuelo con la ayuda del HUD, se requiere llevar a cabo una comprobación cruzada integrada que incluya la información disponible de más utilidad.

Siempre confirme la información del HUD antes de usarla, continúe la comprobación y verifique su exactitud comparándola con la información que proporcionan los instrumentos básicos.

2.7.5 Información de Navegación del HUD

Varía conforme al tipo de avión tanto en la simbología como en el formato. Las fuentes (INS Sistema de navegación inercial), TACAN, ILS, se pueden seleccionar; por lo tanto, es importante que recuerde cuáles son las fuentes que ha seleccionado y si se trata de una proyección de información sin analizar o de información de dirección. El modo ILS puede dar la información de ruta o de desviación de ruta.

Al igual que en el caso de las barras de mando de dirección del indicador de actitud de vuelo, el piloto no debe quedarse absorto mirando el mando de directorio del HUD, sino que debe valerse de los datos sin analizar para determinar la posición de la aeronave y verificar los mandos de dirección con el FPM puede resultar en un exceso de control, especialmente cuando el HUD no proporciona los datos sin analizar.

2.7.6 Información Ausente

La ausencia de los indicadores de potencia y de dirección azimutal en algunos sistemas, impide que muchos de los HUD actuales proporcionen la información completa de “control” y “navegación” y hace

hincapié en la necesidad que tiene el piloto de usar el HUD sólo como parte de una comprobación integrada de sus instrumentos.

Para usar el HUD de manera eficaz en el vuelo por instrumentos, el piloto debe primeramente entender los procedimientos y las técnicas básicas del vuelo de actitud, y ser diestro en el vuelo por instrumentos utilizando los varios elementos de información del HUD para complementar la comprobación de los instrumentos.

2.7.7 Vuelo Por Instrumentos

Para usar efectivamente el H.U.D. en vuelo por instrumentos, el piloto debe primeramente comprender las técnicas y procedimientos básicos y ser eficiente en vuelo usando los elementos del H.U.D. para complementar el cross-check.

2.7.7.1 Despegue y Montada

Antes del despegue, asegúrese de que la información mostrada en el H.U.D. coincide con los instrumentos convencionales. La rotación se realiza colocando una actitud de pitch inicial usando referencias visuales exteriores y referencias de actitud. La actitud inicial se puede poner usando el HUD siempre que este tenga símbolo de referencia de actitud, de lo contrario use referencias head-down.

Cuando se activa el FPM y la actitud en pitch se estabiliza, úselo para ajustes más precisos. Continúe el cross-check de la VAI y razón de ascenso para asegurarse de que el ángulo de ascenso es el correcto, realizando ajustes usando el FPM como sea necesario.

2.7.7.2 Nivelada

Inicie la nivelada con el anticipo correspondiente. Vuele el FPM suavemente a la línea de vuelo recto y nivelado calculando esta razón para llegar a la altitud deseada. Cuando el FPM llega al horizonte del HUD, el altímetro y el Variómetro deberían estar sin movimiento. En caso de tener indicaciones de ascenso o descenso, se debe considerar la información del HUD como no confiable.

2.7.7.3 Descenso / Penetración

Determine la gradiente de descenso para cumplir con alguna restricción de altitud y vuele el FPM en el ángulo correspondiente en la escala de trayectoria de vuelo. Cross- check la altitud actual con la correspondiente en los puntos intermedios del descenso para asegurar que un ángulo correcto ha sido seleccionado.

B.I.

2.7.7.4 Aproximación

Seleccione la intensidad de la iluminación. Durante la noche o mal tiempo, niveles bajos de iluminación en el HUD pueden hacer no visible las indicaciones por el contraste con los sistemas de luces o luces de pista. Asegúrese de que el ángulo de ataque de aproximación corresponda con la velocidad de aproximación final. Si el ángulo de ataque es el apropiado pero la velocidad es mayor que la esperada, seguramente el avión esta mal configurado para el aterrizaje.

2.7.7.5 Aproximación No Precisa

Calcule el ángulo de descenso desde el FAF al VDP. En el FAF vuele el FPM al ángulo deseado y verifique la VAI, velocidad vertical y ángulo de ataque. Si la MDA es alcanzada antes del VDP, espere hasta que la línea correspondiente a la trayectoria de planeo visual este sobre la zona de toque de ruedas seleccionada y baje el FPM hasta ésta.

2.7.7.6 Aproximación Precisa

El FPM puede ser usado en forma efectiva para establecer y mantener una razón de descenso precisa. Desde vuelo estabilizado ajuste el FPM al ángulo de descenso deseado en el punto de interceptación del Glide Slope. Revise la V.A.I., velocidad vertical y ángulo de ataque.

Con el fin de mantener el curso final, aplique pequeñas correcciones de inclinación alar usando el FPM en conjunto con la escala de rumbo del HUD.

Continúe revisando los instrumentos head-down para asegurarse de no sobrepasar las tolerancias de la APP.

2.7.7.7 Transición desde Vuelo Instrumental

Gracias a la ubicación del HUD con respecto a la línea visual directa del piloto, este sistema facilita la transición del vuelo por instrumentos a la localización visual de la pista. Si el FPM se encuentra en la zona de toque de ruedas a un ángulo de descenso inferior a los 2.5º, el avión está en una aproximación baja y plana; en este caso se debe detener el descenso hasta obtener la trayectoria de planeo, una vez que se esté establecido en la trayectoria de planeo ILS. Éste debe coincidir con el punto de interceptación de la pista, cuando se efectúa la transición del vuelo por instrumentos al vuelo visual.

Los HUD actuales están concebidos de manera que hasta tres símbolos diferentes se sobreponen en la zona de toque de tierra cuando

el avión está establecido en la ruta y trayectoria de planeo correctas.

PRECAUCIÓN: Estos símbolos pueden tender a obscurecer las referencias visuales externas, de manera que se debe volar por instrumentos hasta efectuar el quiebre de planeo para el aterrizaje mirando a través del HUD, no directamente a él.

2.7.8 Limitaciones del HUD

Refiérase a su Manual de Vuelo para determinar las limitaciones de su sistema.

2.8 RADIO ALTÍMETRO o RADAR ALTÍMETRO

2.8.1 Utilización del Radio Altímetro

Está diseñado para formar parte integral de un sistema de aproximación y aterrizaje. Le permite al piloto tener una información precisa de la posición vertical de su avión con respecto al terreno, desde un máximo de 2.500' pies hasta el toque de ruedas. En la actualidad existen radio-altímetros que pueden ser utilizados en otras fases de vuelo, con capacidades de indicar alturas superiores a los 2.500' pies.

El radio altímetro entrega señales de altura en forma precisa y continua que pueden ser usadas con los sistemas direccionales de vuelo, sistema de control de vuelo automático o ambos a la vez. Con estos sistemas el radio altímetro se usa principalmente para indicarnos el MDH o DH que corresponde a la aproximación que se esté efectuando. **(Fig 2- 37)**

2.8.2 Componentes

- Un transceptor
- Dos antenas (una transmisora y una receptora)
- Indicador; Pueden ser uno o más.

B.H.I.

Figura 2-37

2.8.3 Principio de Funcionamiento

El radio altímetro basa su funcionamiento en la reflexión de ondas. El equipo transceptor irradia una señal de frecuencia modulada hacia la tierra, por intermedio de la antena transmisora; esta señal es reflejada nuevamente hacia el avión y es recibida por la antena receptora en forma de eco, quien la envía al equipo transceptor para su procesamiento. Como la frecuencia transmitida está cambiando constantemente y la señal reflejada sufre un retardo de tiempo, se produce una diferencia de frecuencia entre las señales de la antena del transmisor y del receptor. Mientras mayor sea la demora de tiempo, mayor la diferencia de frecuencia. De tal manera que cuando vuelve al avión es comparada con la frecuencia que en ese momento se esté transmitiendo. Esta diferencia de frecuencia es procesada y convertida en voltaje que acciona la aguja indicadora del instrumento.

2.8.4 Indicadores

La forma del instrumento indicador es variable según la marca del equipo, pero en general podemos decir que básicamente es un indicador circular que tiene una escala de

0 a 2.500 pies, que de 0 a 480 pies las divisiones son lineales y de los 480 pies a los

2.500 pies son logarítmicas. Tiene además una pínola ajustable para seleccionar la altura mínima a mantener que va conectada a una luz de aviso que le da una indicación de advertencia al piloto, cuando el avión llega a la altura seleccionada, y además aparece una cruz de aviso en las aeronaves que incorporan este sistema a la información del HUD (Head Up Display).

La prueba del equipo y los respectivos indicadores de malfuncionamiento debe ser consultado en el respectivo A.F.M.

B.F.I.

2.8.5 Consideraciones Para su Operación

- El radio altímetro no se puede concebir como un sustituto del altímetro barométrico, debido a que fue diseñado para proporcionar una indicación de altura precisa en la fase final de una aproximación.
- Aunque el radio altímetro supera los errores del altímetro causados por los cambios de presión barométrica, sería realmente imposible realizar un vuelo instrumental solamente basándose en este instrumento, debido a que no tendríamos una superficie estándar desde la cual poder adoptar un nivel o altitud de vuelo, como tampoco una referencia con el resto de las aeronaves que se encontrarán volando en nuestras proximidades.

- El radio altímetro no debe ser leído en virajes (con las alas inclinadas).
- Es poco confiable sobre agua, nieve y bosques.
- No se puede considerar como sistema de alerta de terreno subiendo rápidamente en frente de la aeronave.
- Puede ser utilizado como referencia de la DH en una aproximación ILS CAT- I. En las demás categorías, es utilizado como instrumento primario obligatorio para la determinación de la DH.

2.9 SISTEMAS DE ANGULO DE ATAQUE

2.9.1 Definiciones

2.9.1.1 Ángulo de Ataque

Ángulo formado por la cuerda alar y el viento relativo. Es así, como un avión en vuelo nivelado a gran velocidad, forma un pequeño ángulo de ataque; cuando su velocidad disminuye, el ángulo de ataque aumentará si el nivel de vuelo es mantenido.

2.9.1.2 Stall y / o Angulo de Ataque Crítico

A un Angulo de Ataque dado en el ala, se producirá Stall. Este ángulo de Stall permanecerá siendo el mismo (para esa ala en particular) no importando, el peso, altitud o velocidad. Aumentando el ángulo de ataque más allá de este punto resultará, en una pérdida de sustentación y aumentará la resistencia.

Algunos aviones también tienen un ángulo de ataque crítico antes del Stall, donde las características aerodinámicas son indeseables y pueden ocurrir pérdidas de control.

B.E.I.

2.9.2 Ventajas de los Indicadores de Angulo de Ataque

La ventaja primaria de incluir indicadores de ángulo de ataque en aeronaves, es para proporcionar una referencia constante de Stall de la aeronave u otra característica de control deseable.

Otra ventaja del indicador de ángulo de ataque, es el considerar que el ala de la aeronave tiene el deseado ángulo de ataque para una maniobra en particular, como por ejemplo en una aproximación final, ascenso, máximo tiempo en vuelo o máximo alcance.

A lo largo del tiempo, el piloto ha obtenido un correcto ángulo de ataque para algunas maniobras, a través del uso de velocidades computadas. El problema es que esas velocidades computadas cambian constantemente. Cuando el peso requerido para ser soportado por el ala es cambiado (el peso de la aeronave o las cargas "G"), las velocidades computadas también lo hacen. El deseado ángulo de ataque para una maniobra siempre permanece constante, no importando el peso. Por lo tanto, el ángulo de ataque puede ser lógicamente sustituido por velocidades en donde las performances del ala son críticas. Si un buen ángulo de ataque es mantenido, además de otras performances ideales de la aeronave, la velocidad resultante estará correcta para esa maniobra.

2.9.3 Limitaciones del Sistema de Angulo de Ataque

- FLAPS: Las diferentes posiciones del Flaps cambian el ángulo de ataque requerido (cambia o varía el área alar). La mayoría de los sistemas tiene como referencia una configuración y es la que se emplea en final.
- PERTURBACIÓN DEL FLUJO EN LOS SENSORES. También muestran indicaciones erróneas al recibir perturbaciones del flujo en los sensores del sistema (al bajar tren, lanzamiento de munición, etc.), aunque los sistemas avanzados de indicadores de ángulo de ataque poseen compensación automática.
- EFECTO TIERRA. En la carrera de despegue las indicaciones son estimativas hasta que el avión esté fuera del efecto tierra.
- ALTAS VELOCIDADES. A altas velocidades, los cambios bruscos de velocidad pueden resultar en un pronunciado cambio en la indicación del ángulo de ataque.
- CAMBIOS BRUSCOS DE ACTITUD. Al efectuar cambios bruscos de actitud, se encontrarán fluctuaciones momentáneas en el indicador del ángulo de ataque.

2.9.4 Tipos y consideraciones específicas

Para obtener información sobre el tipo y operación del indicador de ángulo de ataque especifico de su avión, refiérase al correspondiente A.F.M.

2.10 GLASS COCKPIT

Este Sistema se refiere principalmente a la información de los instrumentos de vuelo presentada en forma digital a los pilotos por medio de pantallas multifunción, tecnología en uso en los aviones modernos. **(Fig. 2- 38)**

Estas pantallas pueden contener información de los sistemas del avión así como también de navegación, instrumentos de control y performance, radar meteorológico, etc. con el objetivo de facilitar el cross-check. Una de las principales virtudes consiste en que el piloto puede seleccionar la información que requiera en cada pantalla, pudiendo ésta ser traspasada a otra en caso de falla. **(Fig. 2-39)**

Para la información específica de cada avión en particular, refiérase la orden técnica, manual de vuelo correspondiente.

Muchas aeronaves poseen diferentes sistemas asociados a cada pantalla. Debe tener en claro cuales son las limitaciones de cada sistema en particular. Para ello consulte todos los suplementos del manual del avión referidos a dichos sistemas, y a los manuales de operación de cada sistema en particular.

Figura 2- 38

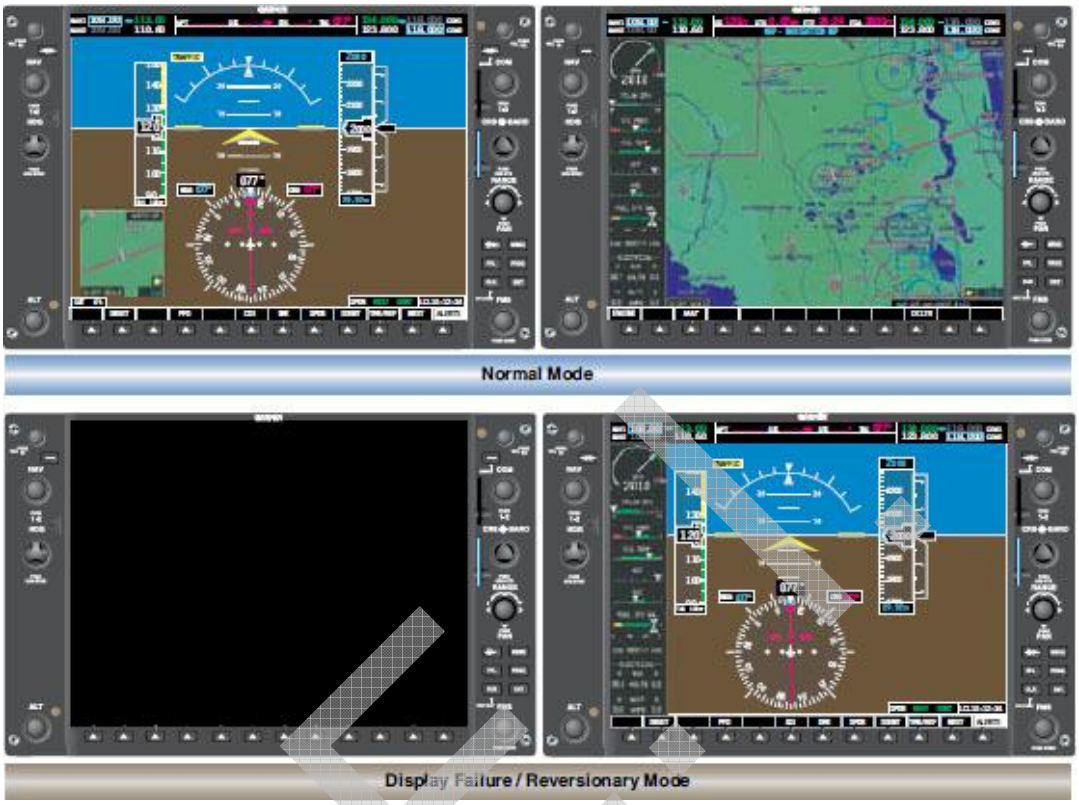


Figura 2-39

2.11 AIRBORNE COLLISION AVOIDANCE SYSTEM (A.C.A.S.)

2.11.1 Generalidades

Es un sistema que asiste al piloto en la prevención de colisiones en el aire. Su intención es respaldar a los sistemas de control de tránsito aéreo existentes bajo el concepto de “ver y evitar”, ayudando a las tripulaciones en la identificación visual de aviones.

El sistema más conocido es el Traffic Collision Avoidance System-(T.C.A.S.). El equipo que va instalado en el avión, interroga los transponders de los otros aviones en el área, utilizando sus respuestas para determinar las trayectorias de vuelo de cada uno. Con esta información, el TCAS evalúa y discrimina los tráficos que pueden presentar riesgo para la seguridad de vuelo, dando el aviso correspondiente en la cabina. **(Fig. 2- 40 / 41)**

Para aviones de combate existen otros sistemas parecidos al TCAS que utilizan otros principios de funcionamiento basados principalmente en radar.

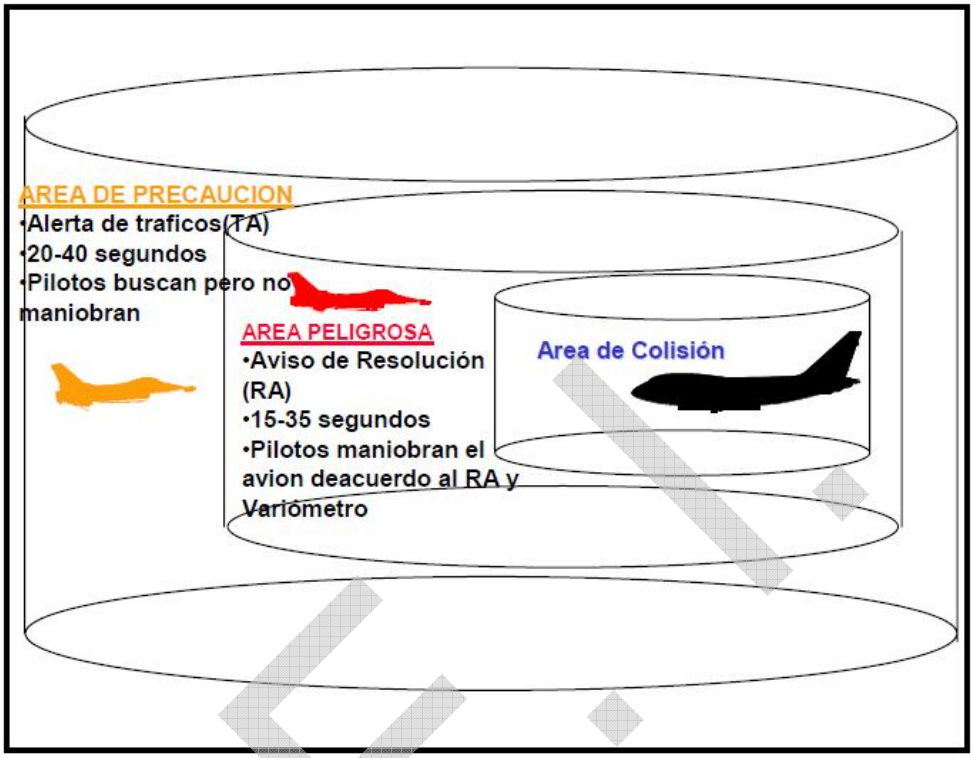


Figura 2-40

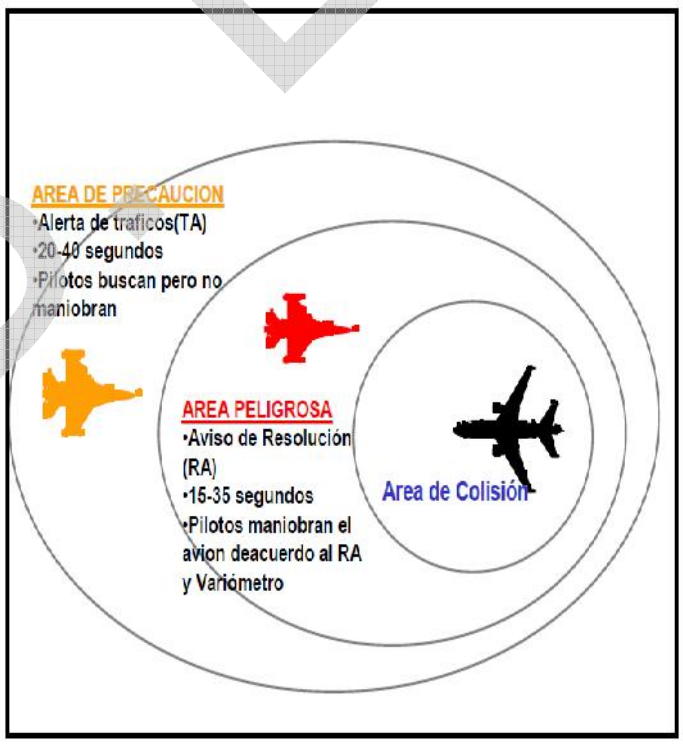


Figura 2-41

B.E.I.

2.11.2 Tipos De ACAS

- ACAS I: Usa el transmisor receptor para interrogar a otros aviones equipados con transponder. El sistema entrega alertas de tráfico o “Traffic Advisories” (TA), asistiendo a los pilotos en la adquisición visual de otro avión.

- ACAS II: Este equipo incorpora transponder con un modo “S”, cuya finalidad es proveer de alerta de proximidad (TA) y coordinar Avisos de Resolución (RA), con maniobras verticales, cuando existe un potencial curso de colisión. La forma de dar este aviso consiste normalmente en una razón de ascenso o descenso determinada, indicada en el o los variómetros.

. ACAS III: Capacidades similares al anterior pero con resolución en maniobras verticales y horizontales. Actualmente aunque existen equipos con estas capacidades, su producción está descontinuada debido a la implementación masiva del ADS-B.

2.11.3 Operación Del Sistema (TCAS)

2.11.3.1 Vigilancia

Busca y traquea aviones con transponder operacional dentro de 20 millas y aviones con transponder con modo “S” hasta 40 millas.

2.11.3.2 Traqueo para Prevención de Colisión

Interroga otros transponders y calcula sus trayectorias de vuelo si es que el avión “intruso” cuenta con modo “C” o “S”.

2.11.3.3 Detección de Amenaza

Determina el punto de aproximación más cercano hacia el otro avión y entrega la alerta correspondiente. El Alerta de Tráfico (TA) será activada cuando el avión intruso se encuentra dentro de 20 a 40 segundos del TCAS del avión.

2.11.3.4 Resolución de Amenaza

El Aviso de Resolución (RA) será presentado cuando el intruso esté dentro de 15 a 35 segundos del TCAS del avión. El sistema requerirá una maniobra vertical o ingreso de algún comando.

B.E.I.

2.11.3.5 Comunicación y Coordinación

Si ambos aviones están equipados con TCAS II los equipos se comunicarán entre sí, asegurando una separación. La coordinación que realizan consiste en indicar a uno de los aviones que monte y al otro que descienda. Se ha implementado un programa en la OACI para el cambio de software del TCAS II a la versión 7.1 de todas las aeronaves que reglamentariamente deben poseer este sistema a partir del 2014.

Esta nueva versión incorpora la capacidad de dar una nueva RA, si la otra aeronave está siguiendo instrucciones de ATC contrarias al RA determinadas por el ACAS II (**Figura 2-42**)

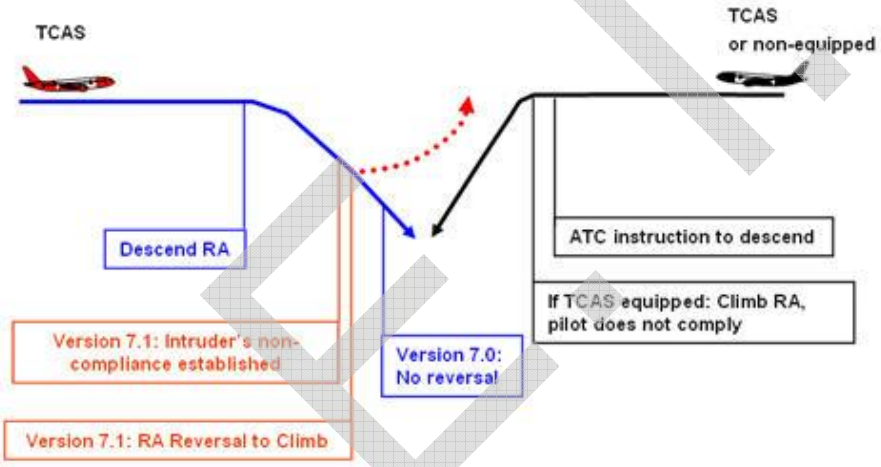


Figura 2-42

2.11.4 Respondiendo a avisos del A.C.A.S.

2.11.4.1 Aviso de Trafico (TA)

El piloto no debería iniciar una maniobra evasiva. Intente localizar y establecer contacto visual con el avión intruso y el resto de los aviones en el área.

2.11.4.2 Aviso de Resolución (RA)

Los pilotos pueden desviarse de la autorización ATC lo necesario con el fin de cumplir con el RA del ACAS. El piloto debe maniobrar en la dirección indicada en el variómetro llevando la aguja de éste a la parte verde del arco. Notifique al ATC tan pronto como sea practicable. A partir de este momento el controlador no es responsable de proveer la separación estándar entre aviones. **(Fig. 2-43)**

Fig. 2-43

2.11.4.3 Fraseología

En caso que un piloto empiece a apartarse de la autorización ATC para cumplir con un aviso de resolución RA ACAS, notificará:

- AVISO DE RESOLUCION TCAS, Ascendiendo (acción);
- (*) TCAS RESOLUTION ADVISE (climbing);

Después de hacer cumplido un RA ACAS y regresando a la autorización o instrucción ATC:

- CONFLICTO TERMINADO, REGRESO A;
- (*) CLEAR OF CONFLICT, RETURNING TO;

En caso de recibir una autorización o instrucción contraria a un RA ACAS, el piloto cumplirá con el RA y notificará al ATC:

- IMPOSIBLE, AVISO DE RESOLUCION TCAS;
- (*) UNABLE, TCAS RESOLUTION ADVISE;

La responsabilidad de separación por parte del controlador será retomada cuando:

- El avión reaccionando ha vuelto a su altitud asignada
- La tripulación informa al ATC que la maniobra ACAS ha terminado
- Una nueva autorización es dada al avión reaccionando

B.E.I.

2.11.5 Simbología Del A.C.A.S.

- Cuadrado Rojo = Trafico RA
- Circulo Amarillo = Trafico TA
- Triángulo Blanco o Magenta = Tráficos próximos, entre 6 millas náuticas y 1200 pies **(Fig. 2-44)**

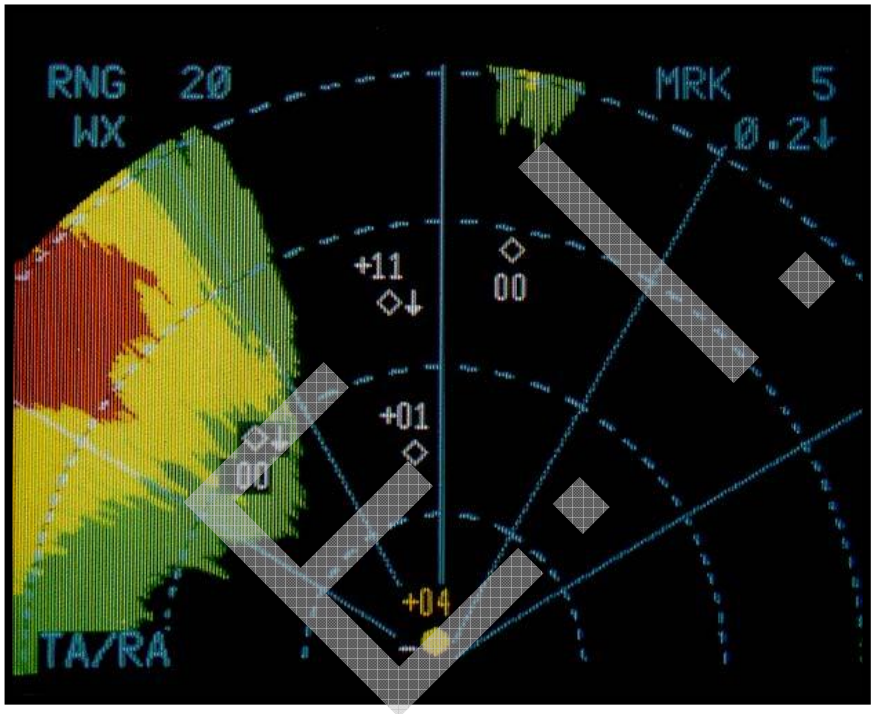


Figura 2-44

2.11.6 Aviones Sin Equipo A.C.A.S.

Considerando que en la actualidad la mayoría de los aviones de pasajeros civiles y algunos aviones institucionales cuentan con este equipo operando en forma normal, se hace necesario que los pilotos que operan aviones sin ACAS, tengan algunas consideraciones al respecto, con el fin de disminuir al máximo alarmas innecesarias del sistema.

Si su avión no cuenta con Transponder modo “C” que entrega información de altitud, existe la posibilidad de gatillar una alerta de resolución (RA) en un avión equipado con ACAS.

Aviones de altas velocidades o gradientes de ascenso o descenso pronunciadas pueden gatillar una RA aunque se encuentren bajo los estándares normales de separación. Para evitar esto, se recomienda reducir la razón de ascenso a 1500 PPM o menos dentro de los 2000 pies de la altitud asignada cuando se encuentre dentro de un TMA.

2.12 SISTEMA DE CONOCIMIENTO Y ALERTA DE TERRENO (TAWS)

Es una aplicación inicial de la tecnología para reducir los accidentes CFIT (Controlled flight into terrain), accidentes de colisiones contra el terreno llevadas por el piloto en forma intencional y controlada producto de un vuelo con pérdida de alerta situacional.

En aerolíneas, el uso del de este sistema comenzó con el GPWS desde principios de 1970. Los sistemas actuales en uso son el GPWS y el EGPWS. A continuación se mencionarán sistemas diseñados para el vuelo por instrumentos, a pesar que esta tecnología se extiende actualmente para aviones de combate (Ej.: Automatic Ground Collision Avoidance System o Auto GCAS)

2.12.1 Ground Proximity Warning System (GPWS) o Sistema de Alerta de Proximidad con el Terreno.

El GPWS utiliza el radio altímetro, la velocidad y la altitud barométrica para determinar la posición del avión con respecto al terreno. El sistema utiliza esta información en la determinación del franqueamiento de obstáculos de la aeronave y proporciona una previsibilidad limitada acerca de la posición de la aeronave con respecto al terreno ascendente. Para esto, el sistema se basa en distintos algoritmos determinados por el fabricante para diferentes tipos de aviones o helicópteros. Sin embargo, en áreas montañosas el sistema es incapaz de proporcionar información predictiva debido a la geografía accidentada.

El GPWS considera la posición del tren de aterrizaje, la posición del flap, y la desviación en la senda de planeo ILS para detectar una operación insegura con respecto al terreno, excesivas razones de descenso, excesiva razón de acercamiento al terreno, terreno inseguro mientras no se encuentre en configuración de aterrizaje, excesiva desviación por bajo la senda de planeo del ILS. También ofrece asesoramiento sonoro.

2.12.2 Enhanced Ground Proximity Warning System (EGPWS).

A diferencia del anterior, este utiliza posicionamiento GPS y una base de datos de terreno y obstáculos para entregar previsibilidad verdadera del terreno y obstáculos. Las advertencias que proporciona a los pilotos son tanto auditivas y visuales, dando instrucciones al piloto para ejecutar acciones específicas. Debido a que el EGPWS se basa en el GPS y una base de información de terreno y obstáculos, la previsibilidad es basada en la ubicación proyectada de la aeronave. El

sistema es basado en el tiempo, la performance y velocidad de la aeronave. (**Figura 2-45**)

NOTA: Los EGPWS poseen una base de datos. Verifique que su base de datos esté actualizada, de contrario podría recibir falsas alarmas o no recibir alarmas de terreno real.

2.12.3 Clases de TAWS

Existen tres tipos de TAWS. El clase A y el B los cuales están orientados a aeronaves comerciales, y el clase C orientado a aeronaves de aviación general.

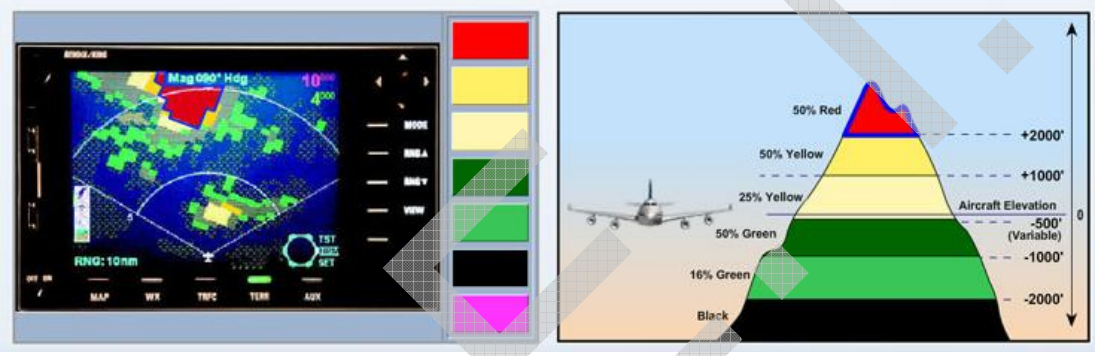


Figura 2-45

- Una función Forward Looking Terrain Avoidance (FLTA). La función FLTA observa obstáculos hacia adelante de la aeronave por arriba por debajo y de su trayectoria de vuelo lateral y vertical, y avisa si existe una amenaza potencial de colisión CFIT (Controlled flight into terrain).

- Una función Premature Descent Alert (PDA) o alerta prematura de descenso. La función PDA de los TAWS utiliza la posición actual del avión y la información de la trayectoria de vuelo determinado a partir de una fuente de navegación adecuada y base de datos del aeropuerto para determinar si la aeronave está peligrosamente por debajo de la trayectoria de aproximación normal (típicamente 3 grados).

- Señales visuales y auditivas, tanto para los avisos de precaución y alertas de peligro.

- En equipos TAWS de clase A debe proporcionar información sobre el terreno que se presentará en un sistema de visualización. Además debe proporcionar indicios de inminente contacto con el suelo para las siguientes condiciones:

- Razones de descenso excesivas.
- Excesiva razón de acercamiento al terreno.
- Velocidad de ascenso negativa o pérdida de altitud después de despegue
- Vuelo cerca del terreno cuando no está en configuración de aterrizaje
- Desviación excesiva hacia abajo el Glide Slope del ILS.
- Voz de aviso "Five Hundred" cuando el avión desciende a 500 metros sobre el terreno o elevación de la pista más cercana.

- Los equipos TAWS Clase B deben proveer indicaciones de contacto inminente con el suelo durante las siguientes condiciones:

- Razones de descenso excesivas.
- Velocidad de ascenso negativa o pérdida de altitud después de despegue
- Voz de aviso "Five Hundred" cuando el avión desciende a 500 pies sobre la elevación de pista más cercana.
- Otras funciones que el fabricante pueda proporcionar, además de lo anterior.
- Avisos de un sistema TAWS o EGPWS típico:

Modo	Condición	Aviso de Alerta	Aviso de Peligro
1	Excesiva razón de descenso	SINKRATE	PULL UP
2	Excesiva razón de descenso sobre terreno	TERRAIN TERRAIN	PULL UP
3	Pérdida de actitud adecuada posterior despegue o frustrada.	DON'T SINK	(sin aviso)
4a	Separación de terreno inseguro cuando el tren no esté abajo y asegurado	TOO LOW - GEAR	TOO LOW - TERRAIN
4b	Separación de terreno inseguro cuando el flaps no esté ajustado para aterrizar.	TOO LOW - FLAP	TOO LOW - TERRAIN
4c	Acercamiento rápido del terreno posterior al despegue.	TOO LOW - TERRAIN	(sin aviso)
5	Descenso excesivo debajo del Glide Slope del ILS.	GLIDESLOPE	GLIDESLOPE(1)
6	Avisos de radioaltímetro	(ejemplo) "ONE THOUSAND"	(sin aviso)
6	Avisos de incinación alar excesiva.	BANK ANGLE	(sin aviso)
7	Avisos de prevención de Windshear	WINDSHEAR	(sin aviso)
Modo no numerado	Terrain Proximity	CAUTION TERRAIN	TERRAIN TERRAIN PULL UP

3 VUELO BÁSICO

3.1 VUELO BÁSICO AVIÓN

3.1.1 Introducción

A diferencia del vuelo visual, en el cual el piloto controla su aeronave con referencia al horizonte natural, comparándolo con ciertos parámetros de su cabina para identificar las posiciones de vuelo recto y nivelado, o cualquier maniobra que desee realizar, el vuelo por instrumentos es controlado por el piloto con referencia a los instrumentos de vuelo.

Las técnicas de vuelo por Instrumentos difieren de acuerdo al tipo de aeronave, categoría, performance, e instrumentos del mismo. Por lo tanto los procedimientos y técnicas que a continuación se describen, deben ser modificados para los diferentes tipos de aeronaves, de acuerdo a los manuales del avión respectivo.

Los instrumentos utilizados para volar por instrumentos se dividen en tres:

1.- Instrumentos de Control

2.- Instrumentos de Performance y

3.- Instrumentos de Navegación

3.1.2 Generalidades.

La performance de un avión se obtiene controlando su actitud (ángulo de ataque) y potencia (empuje o resistencia al avance).

En el vuelo por instrumentos, el Piloto debe ajustar una actitud y una potencia necesaria para obtener una performance deseada. Esto se conoce como el “Concepto de Control y Performance”, y puede aplicarse a cualquier maniobra de vuelo por instrumentos.

Por lo tanto, la base del vuelo por instrumentos se expresa en la siguiente fórmula:

ACTITUD + POTENCIA = **PERFORMANCE**

3.1.3 Clasificación de los Instrumentos de Vuelo

Las tres categorías generales de instrumentos son:

B.E.I.

3.1.3.1 Instrumentos de Control

Estos instrumentos muestran las indicaciones de actitud y potencia, y están calibrados para permitir ajustes de de estos parámetros en cantidades determinadas. **(Fig 3- 1)**

En esta explicación, el término potencia se utiliza para reemplazar el término técnicamente correcto “relación de empuje o resistencia al avance”.

La potencia se controla con referencia a los indicadores de potencia. Estos varían entre aeronaves y pueden incluir tacómetros, presión al múltiple, torquímetros, flujo de combustible, o cualquier instrumento medidor de potencia que utilice su aeronave.

Indicador de Actitud

Indicador de Potencia

Figura 3-1

3.1.3.2 Instrumentos de Performance

Estos instrumentos indican el comportamiento real o performance de la aeronave. La performance es determinada con referencia al altímetro, velocímetro, número mach, variómetro, indicador de rumbo, indicador o coordinador de viraje e indicador de ángulo de ataque. **(Fig 3- 2)**

Velocímetro

Variómetro

Altímetro

Indicador de rumbo

Coordinadores de viraje

Figura 3-2

3.1.3.3 Instrumentos de navegación

Estos instrumentos indican la posición de la aeronave con relación a una instalación o punto fijo de navegación seleccionado. **(Fig 3- 3)**

Este grupo de instrumentos incluye varios tipos de indicadores de curso, indicadores de distancia e indicadores de dirección (HSI, Giro compás, DME, RMI, etc.).

H.S.I .

R.M.I.- Carátula fija

D.M.E

R.M.I. Carátula Móvil

Figura 3-3

3.1.4 Procedimiento de Control y Performance

3.1.4.1 ***Establezca*** una actitud y potencia en los instrumentos de control lo que le dará una performance aproximada a la requerida. Cambios de actitud conocidos o previamente calculados así como también rangos de potencias predefinidas, ayudarán a reducir la carga de trabajo.

3.1.4.2 ***Compense*** su avión hasta que las presiones sean neutralizadas. La compensación para volar soltando los mandos, es esencial para mantener un control del avión suave y preciso. Permite que el piloto pueda desviar su atención a otras actividades de cabina con una desviación

B.F.I.

mínima de la actitud establecida.

3.1.4.3 ***Crosscheck*** o comprobación cruzada, con los instrumentos de performance, para poder determinar si la actitud y la potencia seleccionadas, están proporcionando la performance requerida. El *crosscheck* consiste en ver e interpretar. Si se identifica una desviación, determine la magnitud y dirección de la corrección necesaria para lograr la performance deseada.

3.1.4.4 ***Ajuste*** *sus parámetros***,** si la performance obtenida no es la deseada. Ajuste nuevamente la actitud y potencia como sea necesario, para lograr la performance requerida.

3.1.5 Control de Actitud

El control correcto de la actitud de la aeronave, es el resultado de mantener una actitud constante, conociendo cuando se debe cambiar y en qué cantidad, cambiando en forma suave y continuada a una razón definida.

El control de la actitud se lleva a cabo mediante el uso adecuado del indicador de actitud. Este proporciona una indicación, directa y correspondiente de cualquier cambio en la actitud longitudinal o lateral de la aeronave.

3.1.5.1 Control de Actitud Longitudinal

Los cambios en la actitud longitudinal se hacen cambiando la posición de la figura de referencia, en relación con el horizonte. Estos cambios se conocen como anchos de barra o grados, según el tipo de indicador de actitud.

Un ancho de barra es aproximadamente 2º en la mayoría de los indicadores de posición.

3.1.5.2 Control de Actitud Lateral

Se obtiene cambiando la posición de inclinación lateral, a través de las manecillas o indicadores que se ubican en la periferia del indicador de actitud.

La escala de actitud lateral está normalmente graduada en 0º, 10º, 20º, 30º, 45 º, 60º y 90º, y puede estar ubicada en la parte superior o inferior del indicador de actitud.

B.E.I.

3.1.6 Control de Potencia

El control correcto de la potencia estará dado por la habilidad para establecer y mantener uniformemente las velocidades deseadas en coordinación con los cambios de actitud.

Los cambios de potencia se realizan mediante ajustes en el acelerador y con referencia a los indicadores de potencia. Un conocimiento de los ajustes de potencia para las distintas condiciones de vuelo, ayudará a evitar un exceso del control de potencia.

Para una mejor comprensión del control de potencia se deberá revisar las potencias de referencia que corresponde a cada condición de vuelo; tales como las potencias de referencia para la montada, vuelo recto y nivelado, ascensos y descensos a razón y velocidad constante.

3.1.7 Técnica de Compensación

La técnica correcta de compensación es esencial para un control adecuado durante todas las fases del vuelo. Aliviando todas las presiones de control, se puede notar que es mucho más fácil mantener constante una actitud determinada. Así puede prestar más atención a los instrumentos de navegación y a los chequeos de la aeronave.

La aeronave se vuela aplicando presiones en los mandos para establecer una actitud deseada y luego se compensa de tal forma que se alivien las presiones en los mandos, permitiendo que la aeronave mantenga la actitud deseada.

No se debe olvidar de mantener el vuelo coordinado, centrando la bola del indicador de viraje. Esto se realiza compensando el timón de dirección en la dirección en que es desplazada la bola desde el centro. Se tomará en cuenta en aviones multimotores el control de potencia diferencial, ya que es un factor adicional que afecta al vuelo coordinado.

Generalmente, los cambios de actitud, potencia, y configuración, requieren ajustes en la compensación.

3.1.8 Capacidades Básicas A Desarrollar Por Un Piloto

Durante el desarrollo del entrenamiento de vuelo por instrumentos, el piloto debe desarrollar 3 capacidades básicas que se encuentran en la ejecución de todas las maniobras instrumentales: Técnicas de cross-check, interpretación de los instrumentos y control de la aeronave.

Aunque el piloto adquiera estas capacidades en forma separada y en secuencia, la eficiencia se verá reflejada en la capacidad de éste de integrarlas en un control unificado, positivo y suave de la aeronave, con el fin de mantener una condición de vuelo determinada.

3.1.9 Técnicas de Cross-check

El cross-check es la división correcta de la atención y la interpretación de los instrumentos de vuelo. La atención debe estar eficientemente dividida entre los instrumentos de control y performance, de tal forma que se pueda cubrir la totalidad de los instrumentos, determinando la actitud exacta de la aeronave.

En el vuelo por instrumentos el piloto mantiene una actitud en referencia a los instrumentos que le indican una performance deseada.

Producto de los diferentes errores que se encuentran durante un vuelo, tales como; error humano, error de instrumento y variación de la performance de la aeronave a diferentes condiciones atmosféricas y de peso, es imposible establecer una actitud y mantener una performance sin variaciones por un largo tiempo.

Estas variables indicadas anteriormente hacen que el piloto tenga que estar constantemente verificando sus instrumentos y efectuando los cambios de actitud apropiados.

Todo lo anterior, sin duda, se verá afectado por distintos factores como:

- Reacción de los instrumentos ante los cambios de Actitud y Potencia

Los instrumentos de control suministran información directa e instantánea de los cambios de actitud o potencia, en cambio los instrumentos de performance se retardan ligeramente en la entrega de una correcta información.

Esto último lleva a un constante cambio en las indicaciones de estos instrumentos, por lo cual lleva finalmente a un vuelo descontrolado. Se evita este problema, realizando las correcciones en nuestros instrumentos de control.

B.F.I.

- Ubicación de los Instrumentos.

En algunas aeronaves, los instrumentos se encuentran separados (unos al lado de otros) en comparación a las Pantallas Multifunción que concentran toda la información en un solo lugar. Por lo tanto, dificulta su observación y su interpretación, razón por lo cual requieren una técnica especial de cross- check en la que dependerá la eficiencia de la verificación.

En aeronaves modernas, esto se ve minimizado con la inclusión de sistemas directores de vuelo, lo cual permite que el piloto en un solo instrumento concentre la mayor parte de la información, permitiendo una mejor técnica de cross-check

- Habilidades del Piloto.

Cada piloto tiene diferentes habilidades de pilotaje, por lo que tendrán distintos tiempos para poder interpretar los instrumentos. Esto va asociado con el nivel de experiencia, conocimiento y el tiempo de vuelo en un material determinado.

3.1.10 Interpretación de los instrumentos**.**

Esta es la segunda capacidad básica que debe desarrollar un piloto para el vuelo instrumental y es la que requiere de un estudio y análisis más profundos en lo relacionado al conocimiento de los instrumentos de control, performance y navegación.

Comienza con el entendimiento de la construcción y principios de operación de cada instrumento. Después, se debe aplicar este conocimiento hacia la performance de la aeronave que está volando, las maniobras particulares a realizar, las técnicas de control y cross-check aplicables a esa aeronave y las condiciones de vuelo en que se encuentra operando.

Por ejemplo, un piloto en un avión pequeño coloca, después del despegue, 2 anchos de barra de la figura de referencia, sobre el horizonte en el indicador de actitud y full potencia, con lo que logra un ascenso de 500 pies por minuto (ppm) en su variómetro y una velocidad indicada de 90 Nudos en el velocímetro. Al cabo de 5 minutos se encontrará a 2.500 pies y 7.5 MN desde el punto de despegue aproximadamente.

Por otro lado, colocando la misma condición de dos anchos de barra sobre el horizonte en el indicador de actitud, pero ahora en un avión jet,

el resultado en los indicadores de performance será de 2.500 ppm en el variómetro y una velocidad indicada de 240 nudos en el velocímetro. Considerando los mismos 5 minutos, podemos determinar que el avión se encontrará a 12.500 pies y a 20 millas del lugar de despegue aproximadamente.

A medida que se familiariza y conoce las performance de su aeronave, podrá interpretar en mejor forma las indicaciones de los instrumentos en términos de actitud del avión y anticipos para las correcciones.

Para cada maniobra que realice durante su vuelo por instrumentos, deberá conocer qué performance encontrara en su aeronave y aplicar la combinación de instrumentos que debe interpretar con el objeto de controlar la actitud del avión durante su realización.

3.1.11 Control de la aeronave

El control de la aeronave está compuesto por 4 elementos:

3.1.11.1 Control en pitch o cabeceo

Consiste en controlar la rotación de la aeronave sobre su eje lateral por medio de movimientos de los elevadores.

Después de interpretar la actitud de pitch o cabeceo desde los instrumentos de vuelo correspondientes, (Indicador de Actitud, Variómetro y altímetro) el piloto aplica en los controles las presiones necesarias para corregir en referencia al horizonte del indicador de actitud.

3.1.11.2 Control en roll o alabeo

Consiste en controlar la rotación de la aeronave sobre su eje longitudinal por medio de movimientos de los alerones.

Después de interpretar la actitud de roll desde los instrumentos correspondientes (Indicador de Actitud, Indicador de Rumbo e Indicador de viraje), el piloto ejerce las presiones necesarias en los controles para mantener o corregir la condición en referencia al horizonte del indicador de actitud.

3.1.11.3 Control de potencia

Consiste en controlar la aeronave respecto a las potencias de referencia para las distintas condiciones de vuelo a través de los

B.E.I.

instrumentos de control (Indicadores de RPM, Manómetro de carga, flujómetros, etc.) para lo cual además se utiliza el velocímetro para verificar que la velocidad deseada ha sido alcanzada.

Es utilizado cuando la interpretación del velocímetro indica la necesidad de un cambio de empuje para una nueva velocidad.

3.1.11.4 Compensación

El control sobre la compensación se utiliza para reducir al mínimo las presiones en los controles cuando una actitud ha sido determinada.

Una compensación inadecuada requiere aplicar presión en los controles constantemente lo que produce tensión, distracción de la atención hacia el cross- check y contribuye a un control errático de la actitud del avión.

Las presiones que debe sentir en los controles deben ser las correspondientes a cambios de actitud voluntarios y no presiones que conlleven a que la aeronave no pueda mantener una actitud deseada.

3.1.12 Tipos De Cross-Check.

El cross-check principalmente se realiza entre los instrumentos de control, performance y navegación, pero se debe hacer especial mención a que durante un vuelo con falla de Indicador de actitud (Panel Parcial), se agrega el indicador o coordinador de virajes, (instrumento de performance), como un instrumento principal, el cual durante un vuelo sin falla, tiene una atención mínima, excepto para centrar la bolita.

3.1.12.1 Cross check radial.

Con el uso de esta técnica los ojos del piloto pasan del 80% al 90% del tiempo mirando al indicador de actitud, dejándolo sólo el 20% o 10% del tiempo para efectuar miradas rápidas a los otros instrumentos de vuelo que rodean al Indicador de Actitud (Velocímetro, Altímetro, Variómetro, Indicador de rumbo, HSI).

Con este método, los ojos nunca viajarán directo entre los instrumentos de vuelo sino que se mueven a través del indicador de actitud. La maniobra a realizar determina que instrumentos mirar y en cual orden. **(Fig 3- 4)**

B.E.I.

Figura 3-4

3.1.12.2 Cross-check en "V" invertida.

Consiste en movimiento de los ojos desde el indicador de actitud hacia abajo al indicador o coordinador de viraje, posteriormente arriba al indicador de actitud, abajo giro compás y nuevamente al indicador de actitud. **(Fig 3- 5)**

Figura 3-5

3.1.12.3 Cross check rectangular

Consiste en la revisión de los tres instrumentos superiores (velocímetro, indicador de actitud y altímetro) y bajar a revisar los tres inferiores (variómetro, RMI o HSI e indicador de rumbo) para posteriormente, volver a subir. **(Fig 3- 6)**

Este movimiento describe un rectángulo y su sentido (a favor o en contra de las manecillas del reloj) será una elección personal. Este tipo de cross check da igual cantidad de tiempo a todos los instrumentos sin importar la maniobra que se esté realizando.

Se debe considerar que este método alarga el tiempo en que los ojos volverán a revisar un instrumento crítico para la maniobra que se está realizando.

Figura 3-6

3.1.13 Errores comunes durante el cross check.

Durante los primeros vuelos por instrumentos, la tendencia normal de un piloto es a efectuar un cross-check en forma apresurada, mirando los instrumentos pero sin saber lo que realmente se está buscando.

A medida que aumenta la experiencia en el vuelo de maniobras básicas y se familiariza con las indicaciones de los instrumentos asociadas con ellas, el piloto aprenderá a decidir qué mirar, cuándo mirar y que procedimiento realizar.

Los errores comunes que se describen a continuación son los más característicos de encontrar en un cross-check:

3.1.13.1 Fijación en un solo instrumento.

Generalmente tiene una buena razón para fijar la atención en un solo instrumento; pero tiene resultados negativos. Por ejemplo, usted puede quedarse fijo en su altímetro que indica 300 pies sobre la altitud deseada, preguntándose cómo la aguja llegó a esa posición. Mientras realiza esto, puede ocurrir un cambio inadvertido en su indicador de

rumbos producto de la tensión con que toma los controles, acumulando más errores.

Otra condición en que puede ocurrir una fijación es durante un cambio de actitud. Por ejemplo, usted establece una pequeña inclinación alar para un viraje de 90° y concentra su atención en el indicador en vez de mantener un apropiado cross-check de los instrumentos correspondientes. Usted sabe que el avión se encuentra en viraje y que no necesita revisar el indicador de rumbo hasta unos 25 segundos más; sin embargo, usted no puede dejar de mirar el instrumento. **(Fig 3-7)**

Este problema no siempre esta asociado a un mal cross-check. Puede estar relacionado con una de las otras dos capacidades básicas. Usted puede encontrarse en fijación por una incertidumbre con respecto al indicador de virajes (interpretación) o por inconsistencia en el procedimiento en la sacada de inclinación alar en virajes (control).

Figura 3-7

3.1.13.2 Omisión de un instrumento en el cross-check.

Generalmente es causa de una falla en el anticipo en la determinación de los instrumentos esenciales para la maniobra a realizar y sus cambios con los cambios de actitud.

Por ejemplo, al momento de nivelar desde un viraje pronunciado de 180°, usted establece el vuelo recto y nivelado basándose solamente en el indicador de actitud, sin prestar atención al indicador de virajes para una referencia de rumbo constante. Considerando el error de precesión, el indicador de actitud presentará un pequeño error el que puede ser corregido rápidamente basándose en los otros instrumentos. **(Fig 3- 8)**

B.E.I.

Figura 3-8

3.1.13.3 Énfasis en un solo instrumento.

Es una tendencia natural al comienzo del vuelo por instrumentos. El piloto tiende a depender del instrumento que le es más familiar y que entiende mejor, aunque la información que entrega sea errónea o inadecuada. **(Fig 3- 9)**

Por ejemplo, usted puede mantener un control razonable de la altitud basándose en el indicador de actitud; pero no puede mantener una altitud con precisión si no incluye el altímetro y variómetro en su cross-check.

Figura 3-9

3.1.14 Técnicas De Corrección.

Un cambio de actitud o potencia del avión es necesario cuando cualquier indicación distinta a la deseada sea observada en los instrumentos de performance. Asimismo será de suma importancia,

verificar y conocer la magnitud de corrección que se debe aplicar.

Es por eso que se debe tener en consideración lo siguiente:

- Control de ACTITUD LONGITUDINAL: Controla principalmente la altitud y razones de ascenso y descenso. También puede controlar la velocidad si no hay cambios de potencia durante un ascenso o descenso.
- Control de ACTITUD LATERAL: Se utiliza para mantener el rumbo o ángulo de inclinación alar durante virajes.
- Control de POTENCIA: Controla la velocidad, excepto en maniobras que utilizan un ajuste de potencia.

Entonces las técnicas de corrección en Actitud de la aeronave dependiendo de la cantidad de corrección aplicada y realizada en los instrumentos de control, se deberá observar los instrumentos de performance, para ver si la corrección realizada fue la correcta. Si lo que muestran los instrumentos de performance no es lo deseado, se deberá corregir nuevamente, hasta que logre lo deseado.

Se debe tener presente que las correcciones debieran ser pequeños incrementos en los movimientos de la aeronave y que no comprometan el control del avión, a menos que el control del vuelo básico sea deficiente y requiera correcciones mayores.

3.2 MANIOBRAS BÁSICAS EN AERONAVES DE ALA FIJA

3.2.1 Consideraciones Previas Al Vuelo

3.2.1.1 Inspección Interior

Durante la inspección interior, se deberá dar especial atención a los siguientes puntos:

- Velocímetro en cero.
- Erectar y ajustar el indicador de actitud.
- El altímetro con la elevación del campo inicialmente; luego colocar la presión que le dé Control Terrestre y verificar que la diferencia no sea mayor de $\pm$ 75 pies.
- Verificar que el compás magnético se encuentre con líquido y sin burbujas, con su cartilla de corrección al día y a la vista, y que tenga el instrumento una correcta indicación.
- Indicadores de rumbo sincronizados y correcta operación.
- Variómetro con indicación 0.

- Inclinómetro y coordinador de viraje, centrados y en correcta operación.
- Reloj y cronometro operativo.

3.2.1.2 Verificación durante el rodaje.

Durante el rodaje de la aeronave, aprovechando los virajes hacia las calles de rodaje, deberá verificar el correcto desplazamiento de los indicadores de rumbo, compás magnético y bolita de acuerdo a la siguiente rutina:

- Viraje a la derecha, Compás magnético con líquido y sin burbujas, libre desplazamiento y aumentando, indicadores de rumbo aumentando y bolita desplazada al lado contrario del viraje.

- Viraje a la Izquierda, Compás magnético con líquido y sin burbujas, libre desplazamiento y disminuyendo, indicadores de rumbo disminuyendo y bolita desplazada al lado contrario del viraje.

3.2.1.3 Briefing de despegue:

Verifique al menos lo siguiente antes del despegue:

- Briefing de Tripulación relacionado directamente con los procedimientos de emergencia de la aeronave.
- Briefing de Instrumentos.
    - Confirmar pista de despegue y leer la salida (SID).
    - Procedimiento en caso de emergencia durante la SID.
    - Ruta de escape en caso de emergencia y falla de radioayuda durante la SID.
    - Escuchar e identificar la radioayuda de la salida.
    - Selector de Curso (CDI) ajustado con el primer curso a interceptar.

3.2.1.4 Verificación en la Pista.

Una vez en la pista, verificar los instrumentos de la aeronave, de acuerdo a la cartilla de verificaciones de la aeronave en particular.

B.E.I.

Por lo general se verificara:

- Indicador de actitud a la potencia recomendada.
- Compás magnético e Indicadores de rumbo alineado con el eje de pista.
- Sistemas anti-hielo, de acuerdo a las condiciones existentes.
- Control del tiempo.

3.2.1.5 Despegue Por Instrumentos- D.P.I. / Instrument Take Off (I.T.O.)

El DPI es una maniobra que consiste en una transición de referencias visuales a referencias instrumentales. La cantidad de atención que se le dará a cada referencia varía según el tipo de aeronave y las condiciones meteorológicas existentes. **(Fig 3- 10)**

Posterior a que la aeronave abandona la pista, efectúe el proceso de revisiones posterior al despegue, evitando realizar ningún cambio de rumbo hasta haber alcanzado 400' AGL, ya que esto le proporciona un área de seguridad de franqueamiento de obstáculos durante su salida.

Una vez autorizado a despegar, se debe mantener el control direccional preferentemente con referencias externas. En el cross-check se debe transferir de las referencias exteriores hacia el indicador de velocidad y actitud. La transición de uso de referencias externas a los instrumentos es proporcional a la medida en que se pierdan las referencias exteriores.

Es importante que esta transición este "en proceso" antes de perder completamente las referencias externas durante la carrera de despegue o la salida. Los despegues nocturnos o en malas condiciones de visibilidad conducen especialmente a la desorientación espacial. A medida que ascienda, confíe en sus instrumentos, de manera que pueda descartar las apreciaciones sensoriales erróneas.

La actitud de despegue se debe establecer en el indicador de actitud y ésta varía según el tipo de aeronave, siendo responsabilidad de cada piloto conocer la correspondiente.

La actitud de despegue se debe colocar durante la rotación o antes de alcanzar la velocidad de despegue, y esta actitud debe mantenerse en la posición con las alas niveladas desde que el avión sale de la pista y comienza a elevarse.

Compruebe el indicador de velocidad vertical y el altímetro para obtener una efectiva indicación del ascenso antes de subir el tren y los flaps. Mantenga o ajuste la actitud según sea necesario para asegurar el ascenso deseado y ahora incluya el indicador de rumbo en su cross-check.

Figura 3-10

Es importante tener presente que algunos indicadores de actitud son susceptibles a errores de precesión causados por la aceleración del avión. Esto hace que la barra del horizonte descienda ligeramente y entregue una información de actitud más alta que la real. Para evitar bajar la nariz del avión prematuramente, se debe efectuar un buen cross-check de la velocidad vertical y del altímetro durante toda esta fase del vuelo y comprobar con las referencias visuales exteriores.

Después que se ha subido el tren y los flaps y que se ha ajustado la actitud para lograr un aumento de altitud y velocidad, controle la inclinación alar con su indicador de actitud para mantener el rumbo deseado.

3.2.1.6 Ascenso

Durante el ascenso, emplee la velocidad recomendada en el manual de vuelo de su aeronave. Mantenga la velocidad de ascenso con referencia al indicador de actitud y verificando en el velocímetro si es correcta la indicación de velocidad que debe tener o si es necesario un ajuste. Estas correcciones se deben hacer en el indicador de actitud y en pequeñas cantidades. **(Fig 3- 11)**

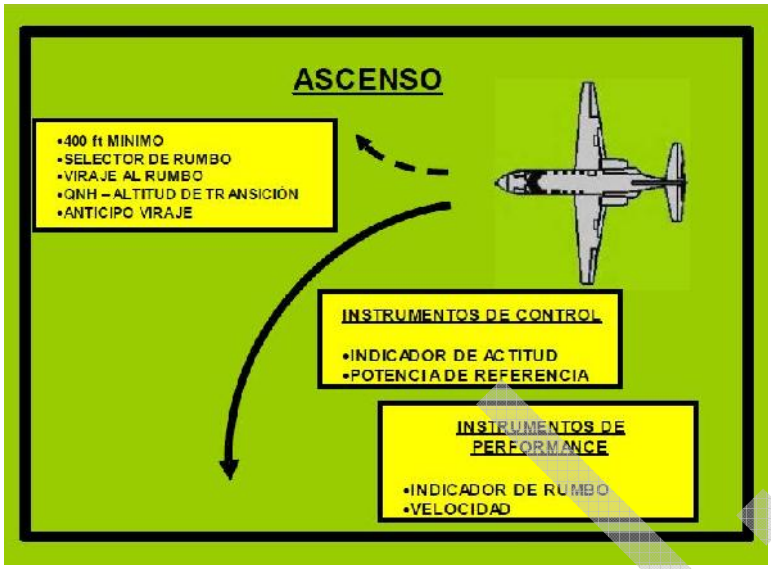


Figura 3-11

3.2.1.7 Nivelada

El anticipo recomendado para nivelar, es el 10% de la razón de ascenso indicada en el variómetro. Esto dependerá de las características propias de cada avión, ya que en aviones que tienen mucha inercia, será recomendable un anticipo mayor. **(Fig 3- 12)**

Cuando alcance el anticipo, lleve la referencia del Indicador de Actitud a la posición para vuelo nivelado en el horizonte de forma tal, que cuando llegue a ella, usted alcance la altitud deseada.

Figura 3-12

3.2.1.8 Vuelo Recto Y Nivelado

Al mantener el vuelo recto y nivelado, se deben considerar 2 factores: **(Fig 3- 13)**

- Mantención de altitud o nivel de vuelo.
- Mantención de un rumbo.

Figura 3-13

3.2.1.9 Mantención de una Altitud o nivel de vuelo

La actitud longitudinal, es la relación angular entre el eje longitudinal de la aeronave y la tierra.

La altitud o nivel de vuelo se mantiene considerando los instrumentos de control y performance, la técnica a utilizar y conociendo los errores comunes en que se incurre.

3.2.1.9.1 Instrumentos de Control.

En vuelo recto y nivelado y a una velocidad de crucero normal, mantenga la actitud de referencia o lo que corresponda según el tipo de indicador.

El vuelo nivelado se mantendrá tomando como referencia el indicador de actitud, hasta que sea necesaria una corrección. Estas correcciones se harán de ¼ y ½ ancho de barra, dependiendo del tipo de instrumento.

El indicador de actitud se debe erectar sólo cuando el avión esté en vuelo recto y a nivel y sólo en caso de ser necesario.

3.2.1.9.2 Instrumentos de Performance.

Los siguientes instrumentos, mostrarán cambios, cuando el eje longitudinal del avión varía:

- ALTÍMETRO: Cualquier cambio de la altitud seleccionada a mantener, indica la necesidad de una corrección en el eje longitudinal. La cantidad de variación en el altímetro, determinará la cantidad de corrección necesaria para volver a la altitud.
  La mantención de la altitud, básicamente se logrará mediante una lectura ágil y continua de la indicación del altímetro y las correcciones se harán a través del Variómetro.

- VARIÓMETRO: este instrumento indicará primero que el altímetro los errores en el control longitudinal. Para corregir un error en la altitud, coloque en el Variómetro, el equivalente al error.
  Ejemplo: para corregir 100 pies de error en la altitud, se usará 100 pies por minuto para corregir. Las correcciones se harán hasta con una razón de 1.000 pies por minuto.
  No olvide que el variómetro indica de inmediato un movimiento, pero por retardo propio del instrumento, demora de 6 a 9 segundos en dar una información correcta. Un cambio brusco en el eje longitudinal, indica momentáneamente un cambio opuesto en el Variómetro (error reverso).

- VELOCÍMETRO: Cuando se aprecia un cambio en la velocidad sin que sea producto de un cambio de potencia, significará que se ha iniciado un descenso o un ascenso. Este instrumento será una referencia secundaria para el control de la altitud.

3.2.1.9.3 Técnica para mantener la altitud o nivel de vuelo.

Para mantener la altitud, establezca en el indicador de actitud, la actitud que corresponda, según el tipo de instrumento.

Efectúe cross-check entre el variómetro y el altímetro, para determinar el resultado de la actitud establecida en el indicador de actitud.

Si estos instrumentos muestran la necesidad de variar la actitud longitudinal, efectúe la corrección en el indicador de actitud, con pequeñas cantidades, aplicando las técnicas señaladas anteriormente.

3.2.1.9.4 Errores Comunes

- No conocer la actitud y potencia de referencia para determinada velocidad.
- Dedicar poca atención al indicador de actitud.
- Sobre control del piloto, debido a que efectúa grandes correcciones longitudinales.
- Tratar de mantener la altitud siguiendo exclusivamente el variómetro.
- No efectuar cross-check ágil y continuo entre indicador de actitud, altímetro, variómetro y velocímetro.
- Una mala técnica de compensación.

3.2.1.10 Mantención de un Rumbo.

Los instrumentos usados para mantener el rumbo son:

3.2.1.10.1 Instrumento de Control.

Indicador de actitud

Mantenga las alas niveladas con las referencias del indicador de actitud hasta el momento que necesite una corrección en rumbo.

Cuando se desea volver a un rumbo, el ángulo de inclinación no debe exceder el número de grados que se va a virar, hasta un máximo de 30º o estándar, lo que ocurra primero.

3.2.1.10.2 Instrumentos de Performance.

Indicador de rumbo

Los cambios de actitud lateral, se detectarán en este indicador al mismo tiempo que en el de actitud. Debe verificarse después de cada viraje con el compás magnético y en forma regular, durante el vuelo crucero del avión.

B.E.I.

Indicador o coordinador de viraje: nos indicará la razón de viraje y será confiable siempre que no exista turbulencia.

3.2.1.11 Técnicas para mantener un Rumbo

Para mantener el rumbo, mantenga las alas niveladas por medio del indicador de actitud. Efectué el cross-check con el indicador de rumbo, para mantener un rumbo constante.

Si el indicador le muestra que ha habido una desviación y es necesario hacer una corrección, use una inclinación lateral en el indicador de actitud igual al número de grados que se van a corregir:

Por ejemplo si esta desviado 10º del rumbo seleccionado, utilice una inclinación alar de 10º para efectuar el viraje hacia el rumbo, considerando como máximo 30° de inclinación alar.

3.2.1.11.1 Errores comunes.

- No efectuar un cross-check ágil y completo entre indicador de actitud y rumbo.
- No compensar en forma correcta el avión.
- No corregir indicaciones de bolita desplazada.
- No sincronizar y verificar el sistema de compases con el compás magnético en forma continua.

3.2.1.12 Mantención de una velocidad en vuelo recto y nivelado

Durante la ejecución de un vuelo a velocidad constante, recto y nivelado, el piloto debe conocer y comprender como los instrumentos de control y performance le entregaran información que le permita mantener esta condición de vuelo, aplicando las técnicas adecuadas y conociendo los errores comunes en esta etapa para poder efectuar las correcciones en forma anticipada.

3.2.1.12.1 Instrumentos de control.

- Indicador de actitud: este instrumento nos indicara la actitud que debe mantener la aeronave para establecer el vuelo recto y nivelado
- Indicador de potencia: los Indicadores de potencia del o los motores, son los que determinan principalmente la mantención de una velocidad.

B.E.I.

Para ajustar la potencia efectué un movimiento de los aceleradores a una posición aproximada a lo de referencia

3.2.1.12.2 Instrumentos de Performance.

- Indicador de velocidad: este instrumento nos indicara si la potencia seleccionada permite mantener la velocidad deseada.
- Altímetro: permite verificar la mantención del vuelo nivelado, indicando las variaciones en altitud que requerirán los ajustes necesarios en el indicador de actitud.
- Variómetro: será el primer instrumento que nos alertara de los cambios en actitud longitudinal, normalmente los cambios en la indicación de variómetro van acompañados con cambios en altitud si no se efectúan las correcciones oportunamente.
- Indicador de rumbo: no permitirá verificar la mantención de un vuelo recto.

3.2.1.13 Técnicas para mantener una velocidad constante en vuelo recto y nivelado.

Para mantener una velocidad constante, debe seleccionar la potencia de referencia correspondiente a la velocidad seleccionada, luego debe efectuar los ajustes en la actitud de referencia en el indicador de actitud para la nueva velocidad.

Durante la mantención de la velocidad debe efectuar cross-check con el velocímetro, altímetro y variómetro para verificar que las condiciones seleccionadas en los instrumentos de control mantendrán dicha velocidad, efectuando los ajustes y compensaciones necesarias en los instrumentos de control.

3.2.1.13.1 Errores comunes.

- No estar familiarizado con las potencias aproximadas, para la velocidad deseada.
- No estar familiarizado con la actitud de referencia para dicha velocidad.
- No tener una buena técnica de compensación.
- No tener una buena técnica de cross-check entre los instrumentos de control y performance.

3.2.1.14 Cambio de velocidad en vuelo recto y a nivel.

Durante la ejecución de un cambio de velocidad en un vuelo recto y nivelado, el piloto debe conocer y comprender como los instrumentos de control y de performance le entregaran información que le permita corregir los cambios de actitud a medida que varía las potencias y velocidades.

Es muy importante que conozca las técnicas y errores comunes durante la realización de esta maniobra, debido a que requiere mejor técnica de cross-check y anticipos por la cantidad de variables que debe controlar.

3.2.1.14.1 Instrumentos de Control

- Indicador de actitud: este instrumento nos indicara la actitud que debe mantener la aeronave para establecer el vuelo recto y nivelado a medida que aumenta o disminuye la velocidad respecto a los cambios de actitud producidos por variaciones de velocidad.
- Indicadores de potencia: los Indicadores de potencia del o los motores, son los que determinan principalmente las potencias de referencia para permitir aceleraciones o desaceleraciones y las nuevas potencias de referencias para la mantención de una velocidad mayor o menor.

3.2.1.14.2 Instrumentos de performance.

- Indicador de velocidad: éste instrumento nos indicara si la potencia seleccionada permite acelerar o desacelerar para alcanzar la nueva la velocidad deseada.
- Altímetro: no permitirá verificar la mantención del vuelo nivelado, indicando las variaciones en altitud que requerirán los ajustes necesarios en el indicador de actitud.
- Variómetro: será el primer instrumento que nos alertara de los cambios en actitud longitudinal, normalmente los cambios en la indicación de variómetro van acompañados con cambios en altitud si no se efectúan las correcciones oportunamente.
- Indicador de rumbo: no permitirá verificar la mantención de un vuelo recto.

P.E.I.

3.2.1.14.3 Técnica para efectuar cambios de velocidad en vuelo recto y nivelado.

- Aumento de velocidad: avance la potencia más allá de la que usted conoce como necesaria para la nueva velocidad seleccionada.
- A medida que la velocidad aumenta, la actitud de la aeronave comenzara a variar, debido a un aumento de sustentación por el aumento de potencia y velocidad, lo que hará que la aeronave tienda a ascender, cambiando su actitud.
- Utilice buenas técnicas de compensación y anticipo para corregir esta tendencia a ascender,
- También utilice como técnica la razón de aumento de la velocidad, permitiendo determinar el anticipo necesario para retardar los aceleradores a la potencia de referencia.
- Finalmente ajuste la potencia para mantener la nueva velocidad.
- Disminución de velocidad: retarde la potencia más allá de la que usted conoce como de referencia para la nueva velocidad seleccionada.
- A medida que la velocidad disminuye, la actitud de la aeronave comenzara a variar, debido a una disminución de sustentación por la disminución de potencia y velocidad, lo que hará que la aeronave tienda a descender, cambiando su actitud.
- Utilice buenas técnicas de compensación y anticipo para corregir esta tendencia a descender.
- También utilice como técnica la razón de disminución de la velocidad, permitiendo determinar el anticipo necesario para colocar los aceleradores a la potencia de referencia.
- Finalmente ajuste la potencia para mantener la nueva velocidad.

3.2.1.14.4 Errores comunes.

- No conocer la técnica de colocar mayor o menor potencia de la de referencia para permitir una rápida aceleración o desaceleración.
- Retardar el ajuste de una mayor o menor potencia a la de referencia por no conocer los anticipos requeridos.
- No estar familiarizado con las potencias de referencia para la velocidad deseada.

- No conocer la actitud de referencia para la nueva velocidad.
- No tener una buena técnica de compensación.
- No tener una buena técnica de cross-check entre los instrumentos de control y performance.
- No mantener un rumbo por fijación solo en los instrumentos relacionados con la velocidad. **(Fig 3-14)**

Figura 3-14

3.2.2 Virajes

Los virajes en vuelo básico están orientados a que el piloto practique cambios de rumbo a nivel, ascendiendo o descendiendo, manteniendo ciertos parámetros preestablecidos en forma constante, tales como; velocidad, inclinación alar, razones de ascenso o descenso constantes.

Durante la ejecución de un viraje, el crosscheck deberá efectuarse al altímetro y variómetro para mantener la altitud. Para efectuar el viraje, deberán inclinarse lentamente las alas hasta obtener como máximo la indicación de un viraje estándar en el indicador de viraje o 30º de inclinación alar en el indicador de actitud, lo que se produzca primero.

Al establecer un viraje, deben considerarse dos factores: El ángulo de inclinación de viraje no debe ser tan pequeño que resulte un viraje excesivamente prolongado, ni tan pronunciado que el avión se ponga difícil de controlar o induzca a la posibilidad de sobrepasar el rumbo al cual se quería virar.

El indicador de actitud será el instrumento principal de control, para efectuar los virajes.

3.2.2.1 Virajes a nivel a velocidad e inclinación alar constante.

Durante la práctica de esta maniobra, el piloto deberá mantener un nivel o altitud, velocidad e inclinación alar constante.

La velocidad será la recomendada para vuelo nivelado de su aeronave. La inclinación alar podrá establecerse en 10º, 20º o 30º de inclinación alar en forma constante durante todo el viraje. No se recomienda utilizar una inclinación alar mayor a 30º, debido a que se podría presentar una condición para desorientación de la tripulación y además se podría producir un desfase del sistema de compases giro-estabilizados.

Al mantener un vuelo en viraje y nivelado, se deben considerar 3 factores:

- Mantención de altitud o nivel.
- Mantención de una inclinación alar constante.
- Mantención de velocidad constante.

3.2.2.1.1 Instrumentos de control.

Indicador de Actitud: En vuelo nivelado a velocidad e inclinación alar constante mantenga la actitud de referencia o lo que corresponda según el tipo de indicador, teniendo presente que durante un viraje la sustentación se descompone lo que significara que para no descender deberá aumentar la actitud nariz arriba.

El vuelo nivelado se mantendrá tomando como referencia el indicador de actitud, hasta que sea necesaria una corrección. Estas correcciones se harán de ¼ y ½ ancho de barra, dependiendo del tipo de instrumento, las correcciones serán mayores si establece inclinaciones alares de más de 20º.

Indicadores de Potencia: El aumentar la actitud de nariz arriba para no permitir que la aeronave descienda, producto de la descomposición de la sustentación, aumentará la resistencia al avance, por lo que deberá también aumentar levemente la potencia para mantener la velocidad seleccionada en forma constante.

3.2.2.1.2 Instrumentos de performance.

Los siguientes instrumentos, mostrarán cambios, cuando el eje longitudinal y lateral del avión varía.

ALTÍMETRO: Cualquier cambio de la altitud seleccionada a mantener, indica la necesidad de una corrección en el eje longitudinal.

La cantidad de variación en el altímetro, determinará la cantidad de corrección necesaria para volver a la altitud.

La mantención de la altitud, básicamente se logrará mediante una lectura ágil y continua de la indicación del altímetro y las correcciones se harán a través del indicador de actitud.

VARIÓMETRO: este instrumento indicará primero que el altímetro los errores en el control longitudinal.

Para corregir un error en la altitud, coloque en el Variómetro, el doble error. Por Ejemplo: para corregir 100 pies de error en la altitud se usará 200 pies por minuto. Las correcciones se harán hasta con una razón de 1.000 pies por minuto.

No olvide que el variómetro indica de inmediato un movimiento, pero por retardo propio del instrumento, demora de 6 a 9 segundos en dar una información correcta. Un cambio brusco en el eje longitudinal, indica momentáneamente un cambio opuesto en el Variómetro (error reverso)

VELOCÍMETRO: Cuando se aprecia un cambio en la velocidad sin que sea producto de un cambio de potencia, significará que se ha iniciado un descenso, ascenso o que no ha colocado suficiente potencia para contrarrestar el aumento de resistencia que le genera la inclinación alar establecida. Este instrumento será una referencia secundaria para el control de la altitud.

INDICADOR DE RUMBO: este instrumento nos indicara el movimiento que está desarrollando la aeronave en el plano horizontal, aumentando si el viraje se efectúa por la derecha y disminuyendo si lo efectúa por la izquierda.

3.2.2.1.3 Técnica para mantener la altitud o nivel de vuelo.

Para mantener la altitud, establezca en el indicador de actitud, la actitud que corresponda, según el tipo de instrumento.

Efectúe cross-check entre el variómetro y el altímetro, para determinar el resultado de la actitud establecida en el indicador de actitud.

Verifique su velocímetro para determinar que cambios de velocidad se esta produciendo debido a la inclinación alar seleccionada y aplique la potencia adicional necesaria para mantener la velocidad constante.

Si estos instrumentos muestran la necesidad de variar la actitud longitudinal, efectúe la corrección en el indicador de actitud, con pequeñas cantidades, aplicando las técnicas señaladas anteriormente y no olvide de compensar para esta nueva condición de vuelo.

3.2.2.1.4 Errores Comunes

- No conocer la actitud y potencia de referencia para determinada velocidad.
- Perder altitud apenas ingresa al viraje por no compensar nariz arriba.
- Dedicar poca atención al indicador de actitud y no mantener una inclinación alar constante.
- Sobre control del piloto, debido a que efectúa grandes correcciones longitudinales y laterales.
- Tratar de mantener la altitud siguiendo exclusivamente el variómetro.
- No efectuar cross-check ágil y continuo entre indicador de actitud, altímetro, variómetro y velocímetro.
- Una mala técnica de compensación.
- No volver a compensar cuando saca el viraje.
- No reducir la potencia cuando saca el viraje.

3.2.2.2 Entrada a un Viraje a Nivel

Observe cuidadosamente el indicador de actitud y suavemente aplique presión en los controles, para obtener el ángulo de inclinación deseado.

A medida que el avión incline las alas, mantenga en el indicador de actitud, la misma actitud longitudinal usada en vuelo recto y a nivel. La primera indicación de pérdida de altitud, aparece generalmente en el variómetro, cuando el avión pasa a través de 20º de inclinación alar aproximadamente. Aplique presión hacia atrás en los controles tanto como sea necesario, para mantener la altitud. **(Fig. 3- 15)**

Figura 3-15

3.2.2.3 En el Viraje

Inmediatamente después de establecer el viraje, la velocidad tenderá a disminuir debido al aumento de la resistencia inducida por el cambio longitudinal. Agregue potencia como sea necesario, para mantener la velocidad.

Desarrollo del crosscheck:

- Indicador de actitud para iniciar el viraje y mantener la inclinación alar deseada. Use la referencia de este indicador, sólo como guía secundaria por la posible precesión de éste.
- Altímetro para mantener la altitud.
- Variómetro, referencia para mantener la altitud.
- Indicador de viraje, para mantener el vuelo coordinado.
- Velocímetro, mantención de velocidad en conjunto con los instrumentos de potencia.

3.2.2.4 Salida de un Viraje

Debe efectuarse en el indicador de actitud, usando las mismas técnicas empleadas al iniciar el viraje.

Durante la salida, anticipe la tendencia del avión a ganar altitud. Esto es el resultado de una combinación del aumento en la componente vertical de sustentación y el efecto de haber compensado hacia atrás durante el viraje. Ajuste la actitud longitudinal como sea necesario para mantener el vuelo nivelado.

Puesto que se aumentó la potencia en la entrada del viraje, la misma cantidad de potencia debe reducirse a la salida de éste.

3.2.3 Virajes A Razón

En un indicador de viraje de cuatro minutos, un viraje estándar se logra con dos anchos de barra, un viraje medio estándar, se logra con un ancho de barra. **(Fig 3- 16)**

Viraje Estándar

Viraje Medio Estándar

Figura 3-16

En un indicador de viraje de dos minutos, se debe alinear el borde de la barra con la referencia fija, para obtener un viraje estándar, lo que equivale a dos anchos de barra del anterior. Un viraje medio estándar, se logra con ½ ancho de barra o alineando entre la barra la barra central y la referencia fija lateral.

En los coordinadores de viraje el avión alineado con la marca blanca corresponde a estándar y a medio recorrido viraje medio estándar como se muestra en la imagen. **(Fig 3- 17)**

Estándar

Medio Estándar

Figura 3-17

El método más aconsejable para efectuar un viraje a razón constante, es establecer en el indicador de actitud, un ángulo de inclinación que se aproxime a la razón deseada. Luego se verifica en el indicador de virajes, si fue o no apropiado. Si es necesario, efectué pequeñas correcciones hasta establecer exactamente la razón deseada.

El siguiente cuadro grafica las distintas inclinaciones alares requeridas en relación a la VAV de la aeronave.

V.A.V. NUDOS	Medio Estándar 1,5° x seg.	Estándar 3° x seg.
80	6,2°	12,4°
90	6,9°	13,9°
100	7,7°	15,4°
150	10,2°	19,8°
200	13,5°	25,6°
300	19,8°	35,7°
400	25,6°	43,8°

NOTA: No olvide que para altas velocidades no debe exceder los 30° de inclinación alar.

Para obtener su inclinación aproximada requerida de 3º por segundo acorde a su VAV, tiene la siguiente fórmula:

$\frac{\text{VAV}}{10}$ + la mitad de este resultado = Viraje 3° x segundo

Ejemplo: 90 KTS VAV (9+4.5)=13.5 I.A. con viraje 3º por segundo

3.2.3.1 Instrumentos de control.

Indicador de Actitud: En vuelo nivelado, velocidad constante y con una razón de viraje constante mantenga la actitud de referencia o lo que corresponda según el tipo de indicador, teniendo presente que durante un viraje la sustentación se descompone lo que significara que para no descender deberá aumentar la actitud nariz arriba.

El vuelo nivelado se mantendrá tomando como referencia el indicador de actitud, hasta que sea necesaria una corrección. Estas correcciones se harán de ¼ y ½ ancho de barra, dependiendo del tipo de instrumento, las correcciones serán mayores si establece inclinaciones alares de más de 20º.

3.2.3.2 Instrumentos de performance.

Los siguientes instrumentos, mostrarán cambios, cuando la razón de viraje varíe:

Indicador de rumbo: este instrumento nos indicara el movimiento que está desarrollando la aeronave en el plano horizontal, aumentando si el viraje se efectúa por la derecha y disminuyendo si lo efectúa por la izquierda.

Indicador de Viraje: tal como lo señalamos anteriormente, este instrumento nos indicara la razón de viraje a la cual la aeronave esta volando, se requiere un permanente cross-check entre la inclinación alar indicada en nuestro indicador de Actitud y lo que indica este instrumento respectos a virajes medio estándar o estándar.

Reloj control: será fundamental el control del tiempo en la ejecución de estos virajes, debido a que se debe controlar nuestra razón de viraje con el tiempo transcurrido, por lo que se recomienda efectuar virajes de 90º, 180º, 270º o 360º, para validar en forma más fácil la información de razón de viraje medio estándar o estándar de acuerdo a la siguiente tabla de tiempo para virar dicha cantidad de grados:

CANTIDAD DE GRADOS A VIRAR	MEDIO ESTANDAR 1,5° X SEGUNDO	ESTANDAR 3° X SEGUNDO
90°	**1‘**	**30‘‘**
180°	**2‘**	**1‘**
270°	**3‘**	**1‘ 30‘‘**
360°	**4‘**	**2‘**

3.2.3.3 Técnica para mantener la altitud o nivel de vuelo y razón, durante un viraje a razón constante.

Para mantener la altitud, establezca en el indicador de actitud, la actitud que corresponda, según el tipo de instrumento y la inclinación alar en base a la técnica señalada anteriormente.

Efectúe cross-check entre el variómetro y el altímetro, para determinar el resultado de la actitud establecida en el indicador de actitud.

Verifique su velocímetro para determinar que cambios de velocidad se esta produciendo debido a la inclinación alar seleccionada y aplique la potencia adicional necesaria para mantener la velocidad constante.

Si estos instrumentos muestran la necesidad de variar la actitud longitudinal, efectúe la corrección en el indicador de actitud, con pequeñas cantidades, aplicando las técnicas señaladas anteriormente y no olvide de compensar para esta nueva condición de vuelo.

Valida la información del cronometro con los grados virados en el indicador de rumbo, por lo que se sugiere comenzar a rumbos fácilmente reconocidos como Norte (360º), Este (090º), Sur (180º) u Oeste (270º).

3.2.3.4 Errores Comunes

- No conocer la actitud y potencia de referencia para determinada velocidad.
- No mantener una razón constante por no determinar correctamente la inclinación alar que corresponde.
- No establecer prontamente una inclinación alar constante
- Perder altitud apenas ingresa al viraje por no compensar nariz arriba.
- Dedicar poca atención al indicador de actitud y no mantener un cross check entre indicador o coordinador de viraje e indicador de actitud.
- No efectuar cross-check ágil y continuo entre indicador de actitud, o coordinador de viraje, altímetro, variómetro y velocímetro.
- Una mala técnica de compensación.
- No controlar el cronometro y no efectuar correcciones en la inclinación alar para mantener razón constante.

3.2.4 Virajes A Rumbos

Los procedimientos y técnicas empleadas, son los mismos que en los viraje a nivel, con la excepción de que se ha agregado el indicador de rumbo.

Para salir del viraje, los grados de anticipo dependen de:

- Ángulo de inclinación.
- La razón a la cual se está virando
- Rapidez o razón de sacada del viraje

El ángulo de inclinación alar en los virajes, deberá ser máximo 30º o estándar, lo que ocurra primero.

B.E.I.

El anticipo recomendable para sacar un viraje, es igual a un tercio en grados de la inclinación alar que se usa. Ej. Para una inclinación de 30°, el anticipo es de 10°.

Para viraje de pocos grados de desplazamiento, es conveniente usar la mitad de la inclinación.

3.2.5 Ascensos Y Descensos A Razón Constante

Los ascensos y descensos a razón, se practicarán con el objeto de afinar el uso del variómetro. A través de toda la maniobra, debe mantenerse el rumbo y la velocidad constante.

Descenso: Simultáneamente, ajuste la potencia y efectué un cambio de la actitud de manera de obtener un descenso de 500 o 1.000 pies por minuto a una velocidad constante.

Para mantener la velocidad, use las técnicas tratadas anteriormente. Para mantener la razón de descenso, efectué pequeños ajustes en la actitud, observando la velocidad; si ésta no es adecuada, normalmente, un pequeño ajuste en la actitud, corregirá ambas indicaciones.

Ascenso: Simultáneamente, ajuste la potencia y efectué un cambio de la actitud longitudinal, por medio del indicador de actitud, de manera de obtener un ascenso de 500 o 1.000 pies por minuto. Para mantener la velocidad, la potencia debe ponerse más rápido que la actitud.

La razón de ascenso y la velocidad, serán controladas en la misma forma que en el descenso.

3.2.6 Cambios De Velocidad En Viraje

Cuando efectué un cambio de velocidad, sobrepase o reduzca más de la potencia necesaria para determinada velocidad. Esto ayudará a un cambio más rápido.

Disminución de la velocidad en viraje a Nivel: Simultáneamente inicie el viraje y reduzca la potencia. Mantenga la actitud usando las técnicas de control longitudinal enseñadas en viraje a nivel. Mientras está en viraje, el ángulo de inclinación lateral, deberá mantenerse constante. A medida que la velocidad se aproxima a la deseada, ajuste la potencia, para mantener esta nueva velocidad.

B.H.I.

Aumento de la Velocidad en Viraje: Las técnicas a usar, serán las mismas que las empleadas para disminuir la velocidad. Debe tomarse en cuenta que la razón de disminución es mucho más lenta que al disminuir la velocidad en el viraje.

Si desea que la maniobra sea precisa, dé importancia a un crosscheck ágil y preciso y a una buena técnica de compensación.

3.2.7 Virajes Ascendiendo Y Descendiendo A Velocidad Constante

Se debe entrar simultáneamente al viraje, ascendiendo o descendiendo. Las técnicas de control longitudinal, lateral y la potencia, son las mismas enseñadas en virajes a nivel y Ascensos o Descensos a velocidad y razón constantes.

La recuperada puede efectuarse nivelando a un rumbo y a una altura simultáneamente o nivelando a una altura y continuando el viraje hasta obtener el rumbo.

3.2.8 Figuras “S”

Las figuras de vuelo que se describen a continuación, tienen como propósito que el piloto se entrene y adquiera una capacidad de control y coordinación de su aeronave, lo que le llevará finalmente a poder ejecutar las maniobras avanzadas.

De la misma forma que se han presentado las maniobras anteriores, aquí se presentan las figuras “S” / A-B-C-D, las cuales van incrementando su exigencia y complejidad de ejecución.

Para aeronaves de baja performance (velocidad de crucero inferior a 180 nudos) se sugiere razones de descenso y ascenso de 500 pies por minuto. Por lo tanto si la maniobra comienza a 5.000 pies, el piloto deberá descender 500 pies en un minuto hasta los 4.500 pies, para luego comenzar un ascenso a 500 pies por minuto y volver a los 5.000 de altitud iniciales.

Para aeronaves de alta performance, velocidad de crucero superior a los 180 nudos, se sugiere razones de descenso y ascenso de 1.000 pies por minuto, por lo tanto si la maniobra comienza a los 10.000 pies, el piloto deberá descender 1.000 pies en un minuto hasta los 9.000 pies, para luego ascender a 1.000 pies por minuto y volver a los 10.000 pies de altitud iniciales.

B.E.I.

3.2.8.1 S-A

Esta maniobra integra el vuelo recto (mantención de un rumbo), ascensos y descenso a razón y velocidad constante, cambiando la razón de descenso o ascenso cuando se ha alcanzado la altitud prefijada. **(Fig 3- 18)**

Como se puede apreciar se debe integrar los instrumentos de control y performace para mantener los parámetros establecidos.

Una vez iniciada la maniobra, se deben ejecutar al menos dos descensos y ascensos en forma continuada, para que el piloto utilice los anticipos necesarios para cambiar de actitud y efectuar los cambios de potencia requeridos.

Es muy importante conocer las referencias relacionadas con el indicador de actitud y potencias para mantener una velocidad y razón de descenso y ascenso constante. Un buen conocimiento de estas variables y una buena técnica de compensación, le permitirán efectuar esta maniobra de manera sencilla y fluida.

Recuerde que el descenso o ascenso debe ser ejecutado 500 ó 1.000 ft por minuto según corresponda.

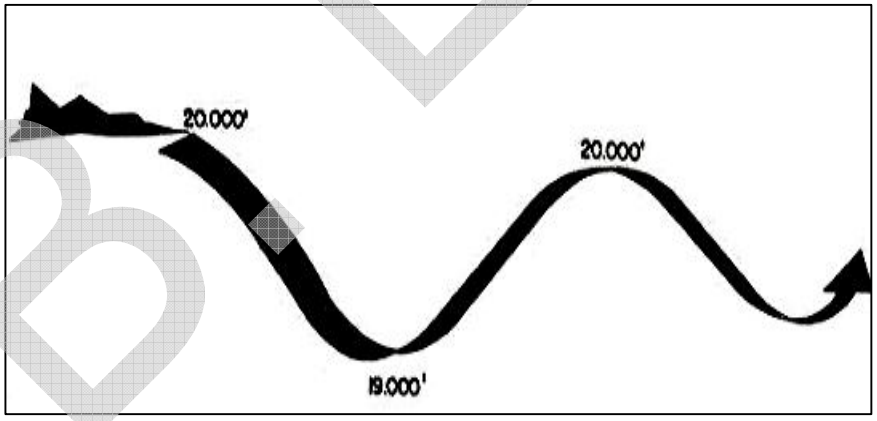


Figura 3-18

3.2.8.2 S-B

Esta maniobra integra a la “S”-A un viraje constante de 30º de inclinación alar ó un viraje estándar, lo que ocurra primero, para lo cual se inicia el viraje simultáneamente con la entrada al descenso a razón constante. **(Fig 3- 19)**

B.E.I.

La maniobra termina en vuelo recto y nivelado cuando al menos ha efectuado un descenso y ascenso en viraje para el mismo lado durante toda la maniobra.

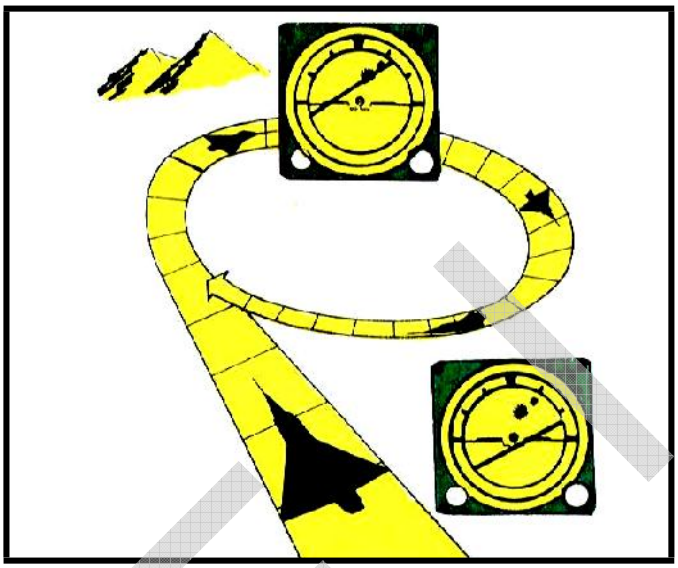


Figura 3-19

3.2.8.3 S-C

Esta maniobra es muy similar a la “S”-B diferenciándose exclusivamente por un cambio de sentido en el viraje cuando termina el ciclo completo de descenso y ascenso o viceversa. **(Fig 3- 20)**

Esta maniobra considera un descenso y ascenso con viraje por un lado y continúa con otro descenso y ascenso con viraje al lado opuesto, terminando a la altitud de inicio en vuelo recto y nivelado.

Vale decir, después de descender y ascender, en vez de terminar en vuelo recto y nivelado, el piloto continua con un nuevo descenso y cambiando el sentido del viraje.

Ejemplo: usted inicio la maniobra descendiendo con viraje hacia la izquierda. Al llegar 500’ o 1.000’ mas abajo, comienza un ascenso continuando con el viraje por la izquierda hasta alcanzar la altitud inicial. Cuando alcanza dicha altitud comienza un nuevo descenso pero con viraje por la derecha y completa un nuevo ciclo.

B.E.I.

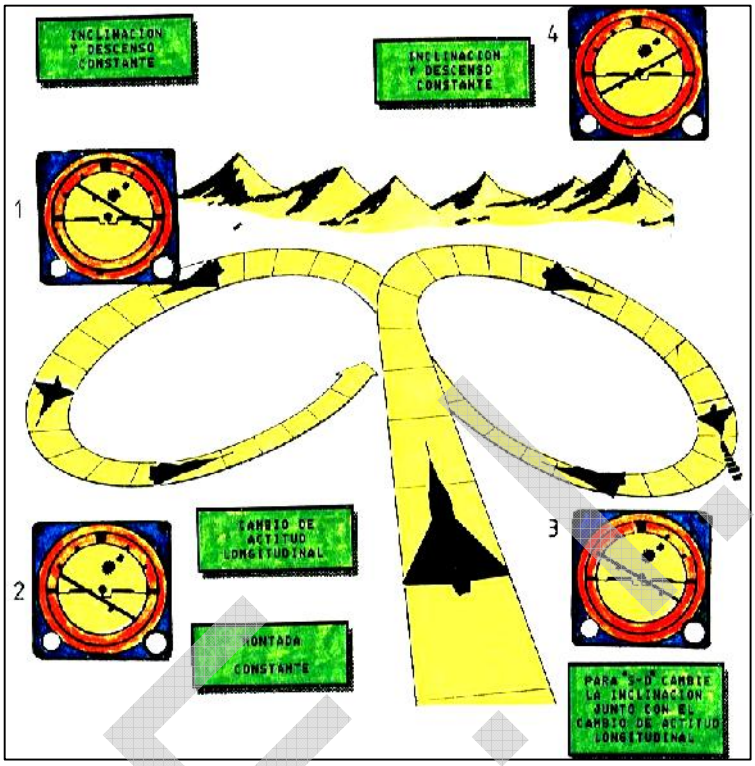


Figura 3-20

3.2.8.4 S-D

Es una maniobra que combina la S- B y S- C cambiando el sentido del viraje cada vez que efectúa un cambio de actitud.

Comienza con un descenso por la izquierda. Al término del descenso, asciende por la derecha cambiando el sentido del viraje. Luego al llegar a la altitud inicial comienza un nuevo descenso cambiando nuevamente el sentido del viraje, para finalizar con un nuevo ascenso en sentido opuesto de viraje y alcanzar nuevamente la altitud inicial en vuelo recto y nivelado.

3.2.9 Virajes Por Tiempo (Falla de Compases)

La maniobra de virajes por tiempo se practica para desarrollar en el piloto la capacidad de virar en forma controlada, a rumbos determinados en caso de fallas de compases. Específicamente se refiere a falla del Giro Compás, RMI o HSI, lo cual le entrega como única alternativa ante esta situación de vuelo, efectuar virajes utilizando el compás magnético y el control del tiempo, debido a que como se estudio en las limitaciones del compás magnético, no podrá obtener información valida con inclinaciones superiores a 18º de inclinación alar.

Deberá utilizar virajes medio estándar o estándar, para lo cual deberá utilizar las técnicas descritas en virajes a razón de viraje constante.

Para efectuar un viraje por tiempo, se necesita establecer una razón de viraje predeterminada, que para todos los efectos prácticos se considerará estándar o medio estándar.

- Determinar cuántos grados se desea virar. Divida este número por el número de grados por segundo (1 ½ ó 3 grados por segundo). El resultado le dará cuantos segundos va a virar.
- Tome tiempo, y luego inicie el viraje.
- Mantenga la razón de viraje, efectuando un crosscheck entre el indicador de viraje y el indicador de actitud.
- Los virajes de menos de 30º, deben efectuarse usando una deflexión de 2/3 de ancho de aguja. Esto nos hará virar a una razón de 1º por segundo.

3.2.10 Figura De Vuelo

La figura de vuelo ha sido diseñada para dar al alumno práctica en planificar un vuelo similar a una aproximación instrumental, ejercitando mantención de rumbos, cambios de velocidad en viraje y en la recta, configuración de la aeronave, descenso a razón constante, descenso en viraje, frustrada y agregar al cross-check, el cronómetro.

Se deberá familiarizar bien con la maniobra a realizar, para lo cual debe memorizar la figura, comprendiendo totalmente los diferentes tramos de ésta.

Comience la figura a rumbos cardinales, para facilitar el control de los mismos. Todos los virajes se harán a rumbos predeterminados. El tiempo para los tramos siguientes, se comienza a contar una vez que se ha nivelado las alas.

La figura de vuelo se completa cuando se nivela la aeronave, después de la aproximación frustrada a una altitud de 1.000’ sobre la mínima de la figura de vuelo con el avión desconfigurado (tren de aterrizaje y flaps retraídos) y en condición de vuelo de crucero. **(Fig 3-21)**

B.E.I.

Se deberá hacer especial hincapié en:

- Planificar y mirar la publicación con la figura, solamente en los tramos rectos.
- Buen empleo del reloj.
- Todos los virajes se deberán efectuar a razón estándar.

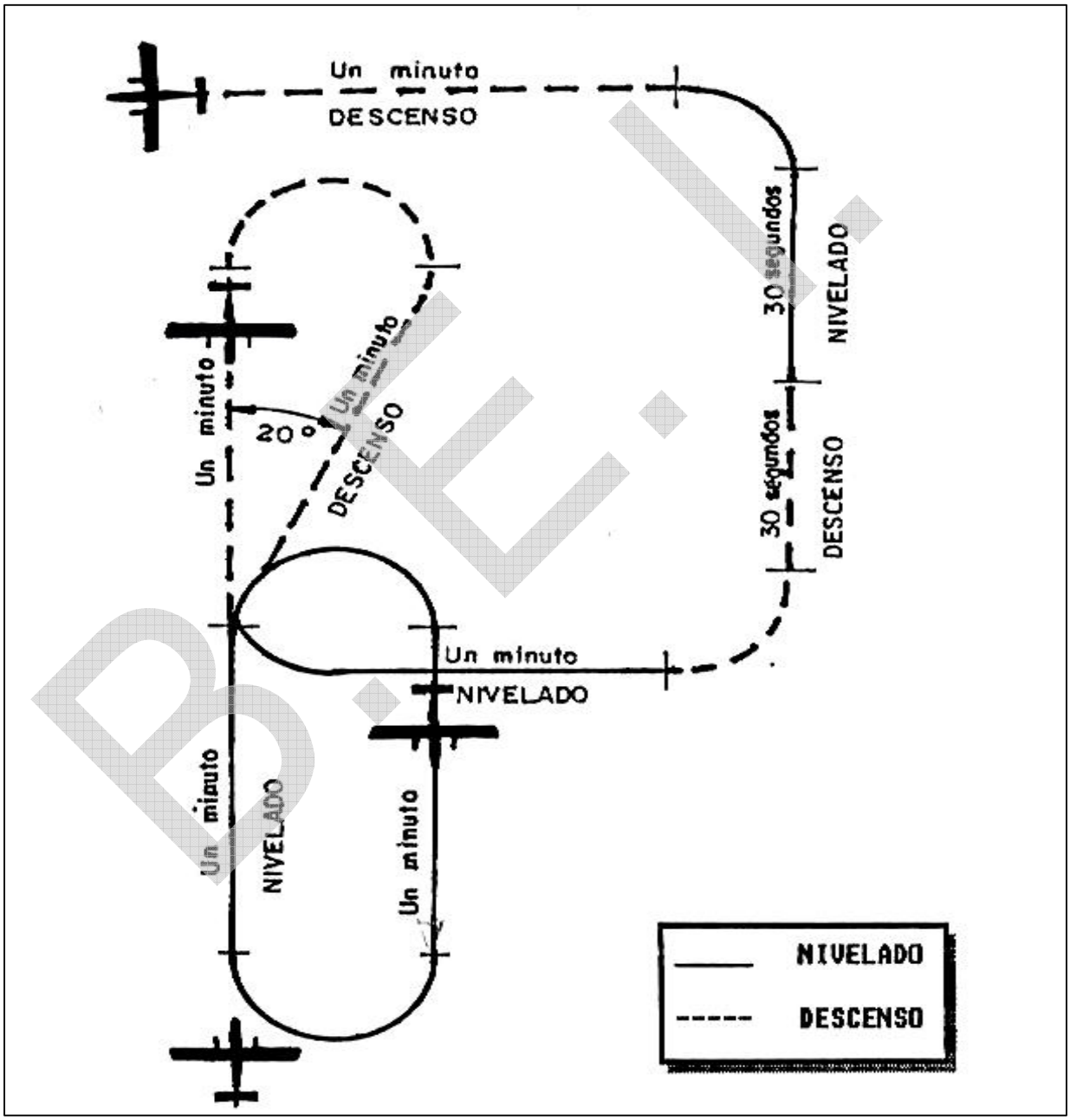


Figura 3-21

NOTA: Las partes de la figura de vuelo marcadas con achurado o intermitente, indican descenso; las con línea continua vuelo nivelado. Las razones de descenso, chequeos de vuelo, velocidades a mantener, punto y tipo de configuración, dependerán del tipo de material y deberán ser consultadas al Instructor de Vuelo por Instrumentos de su Unidad. **(Fig 3- 21 / 22)**

Para efectos de planificación debe considerar que si la razón de descenso a mantener en la figura de vuelo será de 500 pies por minuto, usted finalizará la maniobra 2500 pies más abajo que la altitud de inicio.

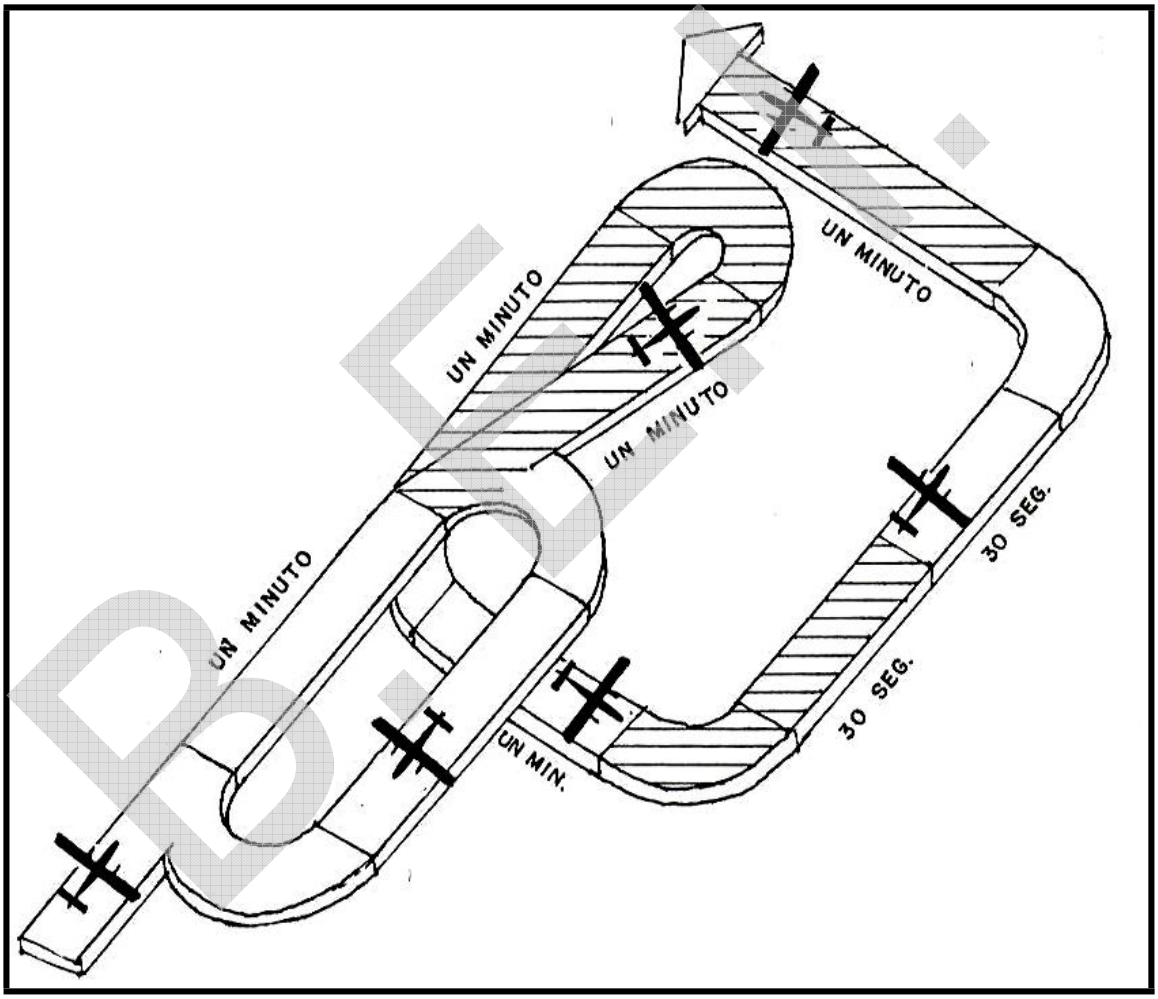


Figura 3-22

3.2.10.1 Figura de vuelo tipo viraje de base (ADF o VOR). **(Fig 3- 23)**

La figura de vuelo se inicia a 5.000’ de altitud:

- Un minuto tramo acercamiento a velocidad de crucero.
- Luego se ingresa al circuito de espera con viraje estándar por la derecha (reducir velocidad y configurar flap aproximación)
- Un minuto tramo de alejamiento en circuito de espera (realizar check de instrumentos: Compases, Radio ayudas, QNH, Curso, Mínimas, transición, Frustrada y check del avión)
- Un minuto viraje estándar por la derecha hacia acercamiento.
- Un minuto tramo acercamiento (a los 30” bajar tren de aterrizaje y establecer velocidad de aproximación).
- Un minuto de descenso a razón de 500’ x minuto.
- Un minuto y 10 segundos viraje de base de 210º de viraje a razón estándar y 500’ x minuto.
- Un minuto de descenso después del viraje de base con una razón de 500’ x minuto.
- Alcanzado la mínima de 3.500’; iniciar frustrada en la recta.
- Treinta segundos de ascenso, subiendo tren de aterrizaje y flaps.
- Treinta segundos de ascenso a 500’ x minuto virando 90º por la derecha.

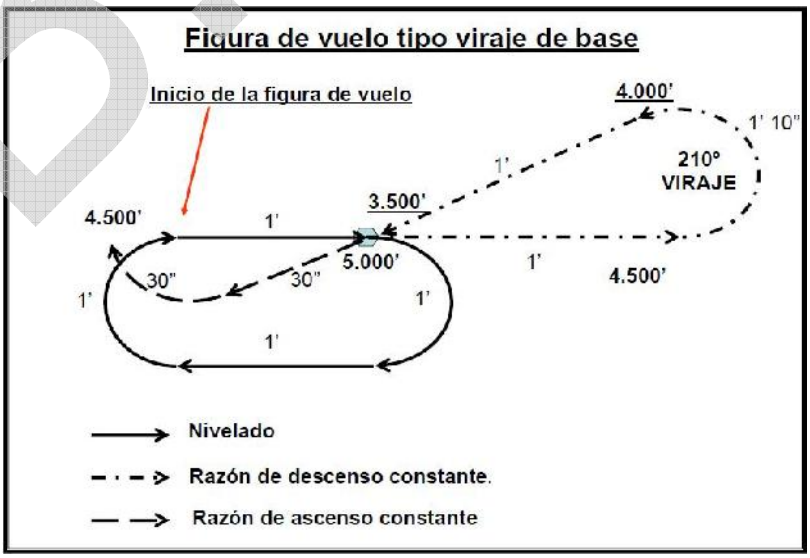


Figura 3-23

Nota: la presente figura de vuelo es un modelo que podría tener variaciones dependiendo de las performance de su aeronave.

3.2.11 Penetración En Aire Turbulento

- Establezca la mejor velocidad del avión para turbulencia (velocidad de maniobra).
- Establezca la actitud para vuelo recto y nivelado y compense.
- Vuele manteniendo la actitud en el indicador de actitud.
- Conecte los sistemas antihielo si preve condiciones de hielo.

3.2.12 Recuperación De Actitudes Anormales

Para todos los efectos de definición de una actitud anormal, estableceremos dos condiciones distintas:

- Avión siendo maniobrado por la tripulación y que producto de ello, la aeronave presente actitudes de vuelo tales como que se encuentre con más de 30º inclinación alar, más de 20º de actitud nariz arriba, más de 15º de actitud nariz abajo y razones de ascensos o descensos no planificadas que superen los 1.500’ por minuto.

- Avión que producto de condiciones no relacionadas con la tripulación, presente una condición de vuelo distinta a la requerida. Esta situación, aunque podría presentar condiciones mucho menores que la del primer punto, podría llegar a ser más delicada, ya que eventualmente no sería reconocida.

Independiente de cuál sea la condición que se presente, UD. debe aplicar la siguiente secuencia siempre:

- Al sospechar de una situación de Actitud Anormal, primero confirme que efectivamente la tiene, por medio de la indicación del Indicador de Actitud.
- Si la aeronave posee más de un Indicador de Actitud, compare sus indicaciones y descarte una falla de Instrumentos.
- Verifique y confirme que los instrumentos de performance indican en relación a la actitud, (Naríz arriba-altitud aumenta / velocidad disminuye)

B.E.I.

- Proceda con la recuperación de acuerdo al criterio que se describe a continuación.

Las técnicas de recuperada de una actitud anormal, dependerán de:

- Severidad de la actitud anormal.
- Características del avión.
- Altitud disponible para la recuperada.

Para una pequeña desviación en actitud, la situación puede ser corregida estableciendo la actitud apropiada para la condición de vuelo deseada y reasumiendo un cross-check normal.

La eliminación de inclinación alar en una picada, ayudará en el control longitudinal. El uso de inclinación alar en una montada, ayudará en el control longitudinal. El uso apropiado de la potencia, ayudará en el control de la velocidad.

Si el manual del avión no incluye un procedimiento específico para recuperar actitudes anormales, use el siguiente:

Si está en descenso no controlado: inicie una corrección lateral hacia la actitud de alas niveladas, reduzca la potencia y ajuste la actitud longitudinal a vuelo nivelado. Estos pasos en la recuperada pueden ejecutarse simultáneamente o como lo aconseje la situación.

Si está ascendiendo no controlado, use inclinación lateral como sea necesario, para ayudar el control longitudinal y evitar fuerzas G negativas. Aumente la potencia como sea necesario y evite la fuerza G negativa.

En el caso de tener la nariz del avión considerablemente arriba, en condiciones de baja velocidad, recuerde que una condición de 0 G, la sustentación es también 0; de tal manera que la aeronave no entrará en perdida aún si la velocidad indicada está bajo la de perdida.

3.2.13 Panel Parcial

Esto ocurrirá cada vez que se produzca una falla en cualquiera de los instrumentos del avión, ya sea de control o de performance, ya que vuelo con panel parcial no implica solo la falla del indicador de actitud u horizonte artificial. Básicamente esto significa que el control del avión se deberá efectuar con el resto de los instrumentos del panel, dando énfasis especialmente en el crosscheck a aquellos instrumentos que sean determinantes para el control de una maniobra en particular.

3.2.14 Maniobras De Confianza

3.2.14.1 Generalidades

En los aviones de altas performances existe la posibilidad de que el avión alcance actitudes críticas. Por esta razón es necesario que el piloto se familiarice con el control de actitudes extremas por medio del Indicador de Actitud.

El tipo de maniobras de confianza a realizar dependerá de las características de cada avión. Si el indicador de Actitud se encuentra funcionando correctamente, el control de estas maniobras será relativamente fácil.

Los Instructores de Vuelo por Instrumentos de su Unidad determinarán las performances que se deben establecer para el avión correspondiente.

3.2.14.2 Caída De Ala (Wing Over)

Baje la nariz a fin de alcanzar la velocidad establecida para el inicio de la maniobra. Posteriormente levante la nariz suavemente hasta el horizonte manteniendo las alas niveladas.

Continúe la maniobra con un viraje, ascendiendo en cualquier dirección, manteniendo la punta del ala del avioncito en miniatura del indicador de actitude en el horizonte, hasta que se alcance 60º de inclinación alar.

Mientras se sigue aumentando la inclinación alar en forma continuada (hasta 90º), disminuya la presión en el bastón, para pasar del viraje ascendiendo a un viraje descendiendo.

Ejecute al menos una secuencia completa de viraje a la izquierda y derecha, para lograr algún grado de control y conocimiento de la maniobra.

Cuando la punta del ala opuesta del indicador de actitud se aproxima a la barra del horizonte, vuelva a la posición nivelada de vuelo, manteniendo la punta del ala del indicador de actitud en el horizonte.

Para efectuar esta maniobra deberá emplearse una razón de recuperada igual a la con que se inicia.

Durante toda la maniobra, controle la inclinación lateral y longitudinal por medio del Indicador de Actitud. La potencia debe mantenerse constante.

3.3 VUELO BÁSICO HELICÓPTEROS

3.3.1 Introducción

En este capítulo se describirá el Vuelo Básico por Instrumentos que se aplica en la operación del Helicóptero, lo que en la práctica no presenta mayor diferencia con los procedimientos de las aeronaves de ala fija. Todo aquel procedimiento instrumental, que no se especifique en esta sección, se deberá aplicar según lo descrito en los capítulos anteriores.

Al igual que las tripulaciones de avión, se requiere que los pilotos de helicóptero estén permanentemente entrenados en el vuelo instrumental con el propósito de operar en forma segura la aeronave y dar el mismo grado de confianza a aquel piloto que requiera realizar una misión en condiciones IMC.

Hay que tener en cuenta que uno de los peligros más serios en la operación de vuelo por instrumentos en condiciones IMC, es la formación de hielo en las palas. Para darse cuenta si esta o no con formación de hielo, se debe observar la estructura de la aeronave, como los limpiaparabrisas, las manillas de las puertas, el patín de aterrizaje o alguna protuberancia sobresaliente del helicóptero para ver si tiene formación de hielo. Si por alguna razón, se adhiere hielo, comprobar la potencia de los motores versus la velocidad que se desarrolla en ese momento y, si se determina que las palas están con formación de hielo, de inmediato hay que cambiar de nivel o en el peor de los casos, dirigirse a aterrizar rápidamente.

3.3.2 El Concepto "Control Y Performance"

Las maniobras aquí descritas son para todos los helicópteros iguales; sin embargo, puede haber ciertas variaciones para helicópteros específicos o para determinadas situaciones de vuelo.

Las performances del helicóptero se consiguen controlando su "Actitud y Potencia". Actitud es la inclinación de los ejes Longitudinal, Lateral y Vertical.

El concepto "Control y Performance" se aplica al vuelo de helicóptero para todas las maniobras instrumentales. De esta manera, el colectivo (potencia) controla la altitud o la razón de ascenso y descenso y el cíclico (actitud) controla la velocidad.

Se debe tener completo conocimiento de la ubicación de los instrumentos y el funcionamiento propio con los errores específicos de

B.H.I.

cada uno de ellos, de acuerdo a lo establecido por parte de los manuales de cada uno de los helicópteros en que se realizará el vuelo.

El resultado de los movimientos en los controles del helicóptero, será directamente proporcional a la intensidad y coordinación con que se realice entre ellos, ya cualquier cambio, principalmente en los controles de potencia, afectara las performances de la aeronave. Es así que si aplica un aumento de potencia a través del colectivo, esto resultara en un aumento del Pitch y en el cambio del rumbo hacia el cual se está volando.

3.3.2.1 Procedimiento

Compensar la actitud y la potencia en los instrumentos de Control con el propósito de obtener una performance especifica.

Compensar el helicóptero, si éste posee compensador o ajustar la fricción de los mandos.

Efectuar un Cross-Check de los instrumentos de Performance para determinar si la Actitud o los ajustes de Potencia que fueron establecidos, están rindiendo la performance deseada.

Ajustar nuevamente la Actitud o la Potencia en los instrumentos de Control de ser necesaria una corrección.

El correcto control de la Actitud del helicóptero es el resultado de mantener una actitud constante, de conocer cuándo y cuánto cambiar o variar suavemente la actitud. Para obtener un buen control longitudinal y lateral, se debe aprender a interpretar el indicador de actitud u horizonte artificial. El indicador provee indicación inmediata y directa de cualquier cambio en pitch o inclinación lateral de la aeronave.

- **Control Longitudinal**: Los cambios de pitch se hacen por ajustes del Cíclico en el indicador de actitud u horizonte artificial. Estos cambios se conocen como anchos de barra o grados según el tipo de indicador de actitud.
  Un ancho de barra representa 2º en casi todos los indicadores de actitud. 2º de cambio en el indicador de actitud representa un aumento o disminución de la velocidad.

- **Control Lateral**: Los cambios de inclinación lateral se efectúan por medio de cambios en el Cíclico acorde a la

escala graduada del indicador de actitud. Esta escala normalmente está graduada en 10º, 20º 30º, 60º y 90º.

- Control de Potencia: El correcto control de la potencia resulta de la habilidad para hacer ajustes suaves en coordinación con la velocidad relativa y altitud deseada. Los cambios de potencia se efectúan moviendo el paso Colectivo acorde a los indicadores de control (torques, N1, tacómetros, etc.)

  Los indicadores de potencia no se ven afectados normalmente por factores tales como turbulencia, compensación incorrecta o las presiones accidentales, pero estos se deben vigilar para prevenir cambios significativos y por ende cambios en la velocidad vertical.

  Es muy importante conocer las potencias de referencias para actitudes definidas y usadas normalmente, con el propósito de disminuir la atención en la búsqueda de estas potencias y prestar más atención en el procedimiento instrumental.

3.3.2.2 Técnicas de Compensación

Una buena técnica de compensación es esencial para controlar uniformemente y con precisión el helicóptero durante las fases del vuelo, permitiendo prestar más atención a los instrumentos de navegación y a los deberes de la cabina en general.

Aliviando las presiones en los controles es mucho más fácil controlar la aeronave. Hay helicópteros que no poseen dispositivos de compensación, para estos casos se puede aplicar mayor fricción en los controles para preestablecer actitudes y en requerir correcciones, se efectuaran con pequeños cambios en el Cíclico o Colectivo, logrando ajustar la actitud.

3.3.2.3 Técnicas para Ajustar la Potencia y la Actitud

Tal como se dijo anteriormente en el concepto de Control y Performance se debe ajustar la actitud y la potencia para efectuar las pequeñas correcciones. Por medio de las variaciones de pitch, se controla principalmente la velocidad indicada.

El control de inclinación lateral se utiliza para mantener el rumbo o el ángulo de inclinación alar.

La potencia del colectivo controla la altitud y la razón de ascenso o de descenso.

El otro factor a considerar es el cuánto se debe cambiar en el indicador de actitud o en la potencia. Normalmente estas variaciones dependen de cada helicóptero y de cada instrumento.

Correcciones de actitud y potencia se deben realizar de acuerdo a la intensidad del cambio producido en el altímetro y variómetro, ya que el helicóptero podrá ir con una gran razón de ascenso o descenso y mostrar nivelado el indicador de actitud. Es por este motivo que las acciones correctivas recomendadas para tal efecto son; inicialmente frenar el movimiento de ascenso o descenso con el colectivo y luego ajustar a una potencia de referencia y al mismo tiempo y de forma simultánea, ajustar el cíclico para mantener la velocidad deseada y un control direccional por parte de los pedales para una mantención efectiva del rumbo.

3.3.3 Procedimientos En Tierra

La gran ventaja en la operación del helicóptero es la posibilidad de comprobar los instrumentos de control y performance en estacionario. Como el helicóptero permite efectuar los siguientes chequeos, es recomendable hacerlos por seguridad. Hay que recordar que nunca está demás comprobar los instrumentos de vuelo.

El procedimiento de Pre-vuelo se deberá efectuar de acuerdo a las Listas de Chequeo.

Se deberán revisar los equipos de navegación, luces interiores y exteriores, limpiaparabrisas, defrost, pitot heat, inversores y tener especial precaución de revisar el altímetro antes de la puesta en marcha, debido a que con motor en marcha tiene una disminución en su indicación de aproximadamente 20 pies, causado por el flujo de aire provocado por el rotor.

3.3.4 En Vuelo Estacionario

La prueba del indicador de actitud consiste en realizar movimientos de pitch y roll y constatar que en el indicador de actitud se representen y que se encuentre libre en sus movimientos, cabe señalar que estos movimientos deben realizarse a una altura suficiente que permita la separación del rotor de cola con el suelo.

Realizar virajes en vuelo estacionario, por medio de los pedales, tanto a la derecha e izquierda. El indicador de actitud permanece fijo y

sirve para revisar que los compases e indicador de rumbo aumenten y disminuyan, y que el indicador de viraje se desplace en el sentido del giro y la bola permanezca centrada.

Hacer una pequeña montada y descenso desde vuelo estacionario para revisar que el altímetro y variómetro aumenten y luego disminuyan.

Realizar un pequeño desplazamiento el cual nos permita observar un aumento de velocidad en el velocímetro.

3.3.5 Despegue

El despegue por instrumento (DPI o ITO) se realiza observando las referencias visuales externas y los instrumentos de vuelo. La atención que se le preste a cada referencia dependerá de la experiencia del piloto, del tipo de aeronave y de las condiciones meteorológicas existentes.

En el DPI se usa una combinación de las técnicas de vuelo visual y por instrumentos cuando las condiciones así lo permitan. Los procedimientos y técnicas del DPI son ayudas valiosas durante despegues nocturnos hacia y sobre el mar o áreas desérticas y especialmente en periodos de baja visibilidad. Es importante que se efectúe la transición inmediata del vuelo visual al vuelo por instrumentos al momento en que exista una tendencia a la desorientación o que se vayan perdiendo las referencias visuales exteriores.

Los indicadores de Actitud, curso y torque son los instrumentos primarios para efectuar el despegue por instrumentos.

Se debe ajustar la barra horizontal del indicador de actitud y que la miniatura quede alineada en la línea del horizonte, mientras efectúa estacionario.

Efectuar un buen Cross-Check desde el momento que el helicóptero despega, para poder efectuar una transición a vuelo por instrumentos, en forma uniforme.

Se debe recordar que en el concepto de despegue por instrumentos en helicóptero, se tiende a confundir con respecto al efectuado en avión ya que debe hacerse con nariz abajo. Se debe Cross-Chequear al mismo tiempo el variómetro, altímetro y velocímetro para efectuar un análisis de la situación y poder así establecer con certeza que se está acelerando y montando.

Las potencias de referencias son distintas para cada helicóptero, lo importante es establecer una potencia suficiente que asegure una montada, dependiendo de la aeronave, también es importante no aplicar demasiada potencia que llevará a poner mucha actitud hacia abajo y a su vez demasiado pedal, desviando el Cross-Check hacia el control de la aeronave y no hacia las referencias visuales.

Errores comunes:

a) No mantener los parámetros establecidos para el despegue visual.
b) No mantener la nariz centrada con el eje de despegue.
c) Inadecuado control de la potencia.
d) Realizar virajes antes de los 400 ft. AGL.
e) Realizar virajes antes de la velocidad mínima establecida para cada helicóptero.

3.3.6 Montada

No se deben efectuar cambios de potencia o actitud antes de obtener diferencias mayores de 5 nudos ó 100 PPM de razón de ascenso o descenso.

Los virajes deben ser hechos después de haber alcanzado los 400 pies AGL y en base al indicador de actitud. Cualquier cambio de actitud en pitch no debe exceder 1 ancho de barra y el ángulo de inclinación lateral nunca debe exceder 30º.

Una vez establecida la velocidad y altitud, el indicador de actitud debe ser ajustado para vuelo nivelado, hay que recordar que el indicador de actitud nunca deber ser centrado en vuelo, excepto cuando hay que alinear la miniatura con el horizonte; en este caso el helicóptero debe mantenerse en vuelo recto, nivelado, no acelerado y a la velocidad recomendada de crucero.

La velocidad de crucero de los helicópteros, deber ser aquella que estipula el Manual de Vuelo, recordando que no puede ser excesiva por las vibraciones de las palas ni muy reducida porque el viento le afecta demasiado.

Existen dos técnicas para realizar las montadas, ellas son la de montar con una razón constante o una velocidad constante.

El cuál de las dos técnicas se debe utilizar, radica principalmente en las capacidades de la aeronave para mantener uno de los dos

REF

parámetros constantes y la gradiente de montada con la que haya que cumplir.

En el caso de ser con una velocidad constante, se debe ajustar la potencia necesaria para mantener un ascenso positivo y una velocidad de acuerdo a lo planificado en tierra, para esto uno coloca una actitud de referencia, lo que permitirá mantener la velocidad y la potencia será ajustada por el colectivo.

En el caso contrario de ser necesario realizar una montada con una razón de ascenso constante, se deberá ingresar a las tablas de performances de la aeronave, para calcular la potencia que se requiere para cumplir con una razón de ascenso específica, la que se ajustara con el colectivo y la velocidad será regulada por el cíclico de acuerdo a la mantención de la razón de ascenso deseada.

Hay que recalcar, que al no tener el helicóptero una velocidad de stall, no existe límite de velocidad mínima para la montada, teniendo si en consideración que no será la forma de realizar la montada más eficiente en relación al avance con respecto al terreno.

Posterior a establecer la montada, ya sea por cualquiera de las dos técnicas antes descritas, continúe de acuerdo a los parámetros establecidos, y considere los anticipos para transicionar al vuelo recto y nivelado. Una buena técnica recomendada es utilizar el 10% de la razón de ascenso en pies, esto quiere decir si va con una razón de ascenso de 700 ft/min, considere un anticipo de 70 ft. antes de llegar a la altitud o nivel de vuelo asignado o requerido.

Una forma clara de entender cómo se comportara el helicóptero al realizar cambios en sus controles durante el ascenso será la siguiente:

Al mantener una velocidad constante y subir el colectivo (aumento de potencia) la aeronave comenzará a ascender y al mismo tiempo a desacelerar, por lo cual se deberá disminuir la actitud para mantener la velocidad o razón de ascenso constante. Por ejemplo si usted está en vuelo recto y nivelado y desea montar con una velocidad de 100 kias. y 500 ft/min, deberá colocar un porcentaje determinado de potencia, con esto el helicóptero comenzara a montar con la razón deseada pero deberá llevar el cíclico adelante para mantener los 100 kias. ya que si no lo realiza, comenzará a disminuir la velocidad indicada deseada.

Errores comunes:

a) Falla en la mantención del rumbo durante el ascenso.
b) Incorrecto uso de la potencia.

P.F.I.

c) No controlar adecuadamente la actitud de Pitch.
d) Falla en le mantención adecuada de los pedales.
e) No nivelar a la altitud deseada.

3.3.7 Vuelo Recto Y Nivelado

El vuelo Recto y Nivelado, no acelerado, consiste en la mantención de una determinada altitud, rumbo y velocidad. Se debe utilizar el control de la potencia para mantener o ajustar la altitud; utilizar el bastón cíclico para ajustar la velocidad, y utilizar el control lateral para mantener o ajustar el rumbo.

3.3.7.1 Estableciendo y Manteniendo Altitud

El establecer y mantener una altitud se realiza refiriéndose al altímetro y al indicador de velocidad vertical (variómetro), para las performance actual de la aeronave y ajustando la potencia a la actitud de la aeronave para establecer o mantener una determinada altitud. Un conocimiento de la potencia aproximada requerida para establecer una determinada altitud o razón de ascenso/descenso ayudara para hacer ajustes de potencia. Después que se establezca la potencia aproximada, un Cross- Check del altímetro y el variómetro indicara si subsiguientes ajustes de potencia son requeridos. Se deberá aprender y recordar los rangos de potencias aproximadas de la aeronave en las diversas altitudes, velocidades y configuraciones de las misiones normales.

En caso de estar nivelando y si la velocidad de nivelada es superior a la que se mantuvo durante la montada o la que se tiene al final de ésta, nivele solo con el control cíclico, sin disminuir la potencia con el colectivo, con la finalidad de que el helicóptero acelere y luego de eso ajustar la potencia requerida para mantener la velocidad deseada.

Para mantener los parámetros establecidos en el vuelo recto y nivelado, debe considerar que los cambios de potencia con el colectivo le permitirán mantener la altitud y la coordinación de estos movimientos con el cíclico, mantendrán la velocidad deseada. Cualquier descoordinación al respecto implicará en una pérdida de parámetros deseados. Cuando se observa una variación en la altitud, será necesario un ajuste de potencia para volver a la altitud determinada.

Con la experiencia, usualmente se puede estimar ajustes de potencia observando la razón inicial del movimiento del variómetro. Si la razón de movimiento del variómetro es rápida, obviamente se establecerá a una razón mayor que la requerida, ya que el cambio de potencia fue demasiado grande. Reajustar la potencia y esperar que el variómetro se estabilice.

DRAFT

Cuando se produce una variación en altitud, la indicación la obtendremos en el variómetro antes de aparecer en el altímetro. Evaluando esta razón de movimiento inicial, se puede estimar la cantidad de cambio de potencia para prevenir altas variaciones en altitud. Si la potencia estimada es la correcta, la velocidad vertical volverá a cero con un indetectable cambio en altitud.

Para corregir un error en la altitud, se debería producir una razón de velocidad vertical igual al doble de la variación en altitud. Por ejemplo, si la aeronave esta 100 pies más arriba o más abajo, de la altitud determinada, una razón de 200 pies por minuto de corrección, como máximo. Conociendo la razón de ascenso o descenso y los resultados que deben ser separados desde un cambio de potencia, se puede estimar aproximadamente cuanto debe ser el cambio de potencia a usar. El ajuste de potencia se debe mantener constante hasta que la razón de corrección sea observada en el variómetro. Si difiere de la razón estimada, nuevos ajustes de potencia serán requeridos.

Cuando se está aproximado a la altitud preestablecida, determinar el punto de anticipo en el altímetro para iniciar el cambio de potencia para el vuelo nivelado. Un buen punto de anticipo previene el sobrepasarse de la altura preestablecida y permite una transición suave al vuelo nivelado. La cantidad de anticipo requerido varía con la técnica del piloto y la razón de corrección. Como una guía, el punto de anticipo en el altímetro debe ser aproximadamente un 10% de la velocidad vertical. Por ejemplo, si la razón de corrección es de 300 pies por minuto, iniciar la nivelada 30 pies antes de la altitud deseada.

Si se presta demasiada atención al variómetro, puede llevar a un seguimiento de las indicaciones y por lo tanto, a un errático control de potencia. A pesar que el variómetro es un importante instrumento de performance, sus limitaciones, tales como oscilación en aire turbulento, retardo etc., lo hace confiable para prevenir sobre control de la potencia.

Por esta razón se debe reconocer y comprender lo necesario que significa mirar los indicadores de potencia para asegurar suaves y precisos ajustes de la potencia con el propósito de lograr un efectivo control de altitud.

3.3.7.2 Mantención de un Rumbo

La mantención de un rumbo se logra con el controlando la actitud lateral en cero y un vuelo coordinado. Las desviaciones de rumbo no son normalmente tan llamativas como las variaciones en altitud o razón de ascenso / descenso. Por lo tanto, el cross- check debe incluir el indicador de rumbo en forma esporádica. Para facilitar el control al mantener un rumbo, además de trabajar con el control cíclico, se

puede apoyar el control por medio de los pedales.

Cuando ocurre una desviación del rumbo determinado, observar el indicador de actitud y suavemente establecer un ángulo de inclinación alar para corregir. La técnica correcta es usar la misma inclinación alar a los grados por virar. El ángulo de inclinación alar no debe superar los grados a virar, y menos los 30º.

Por ejemplo, si la desviación de rumbo es de 10º, entonces 10º de ángulo de inclinación alar en el indicador de actitud, producirá una buena razón de corrección.

Los errores del vuelo recto y nivelado que comúnmente se presentan son:

a) Falla en la mantención de la altitud.
b) Falla en la mantención del rumbo.
c) Sobre control en la mantención de la actitud de pitch y de inclinación lateral.
d) Falla en el cross check de los instrumentos.

3.3.7.3 Establecer y Mantener una Velocidad

Mantener una determinada velocidad, requiere habilidad para mantener una actitud especifica longitudinal de la aeronave, y cuando sea necesario, en forma suave y precisa corregir esa actitud. Esta habilidad se desarrolla a través de un apropiado uso del indicador de actitud y utilizando buenas técnicas de compensación.

Después de nivelar a velocidad de crucero, se deberá ajustar el indicador de actitud, de tal manera que el avioncito en miniatura esté alineado con la barra del horizonte, esto ayudara a observar pequeños cambios de actitud longitudinal. Subsiguientes ajustes, se podrán requerir debido a los cambios del centro de gravedad de la aeronave y velocidades de crucero.

Las pequeñas correcciones requeridas para mantener una determinada velocidad son hechas en grados de actitud longitudinal. Con práctica se puede determinar qué ajustes en actitud longitudinal son requeridas para obtener una determinada razón de corrección.

Cuando se hace estos ajustes en actitud, las indicaciones de velocidad y velocidad vertical se retardaran respecto a los cambios de actitud longitudinal. Es sabido y aceptado que las indicaciones se

B.E.I.

retardaran como un error inherente a los instrumentos de presión estática. Debido a este error no tomar una decisión prematura aduciendo que el cambio de actitud fue inefectivo. Esto puede llevar a un sobrecontrol de actitud longitudinal.

Para aumentar la velocidad, disminuir la actitud longitudinal a un predeterminado número de grados y aumentar la potencia para mantener la altitud. Cuando la velocidad se acerca a la deseada, ajustar la actitud para mantener la nueva velocidad y poner potencia necesaria para mantener la altitud. Para reducir la velocidad aumentar la actitud longitudinal a un predeterminado número de grados y reducir potencia para mantener la altitud. Cuando la velocidad se acerca a la deseada, ajustar la actitud para mantener la nueva velocidad y ajustar la potencia necesaria para mantener la altitud.

Los cambios de velocidad manteniendo una altitud constante se realizan siempre con los cambio de potencia para la disminución o aumento de velocidad y luego los cambios de actitud necesarios para mantener la altitud

Los errores comunes de esta maniobra son:

a) Uso inapropiado de la potencia.
b) Sobre control de la actitud de pitch.
c) Falla en la mantención del rumbo.
d) Falla en la mantención de la altitud.
e) Uso inadecuado de los pedales.

3.3.8 Virajes

Muchos de los principios de actitud longitudinal, lateral y potencia discutidos en la mantención del vuelo recto y nivelado, se aplicaran en la realización de virajes a nivel. Para realizar virajes a nivel se requiere una comprensión de los siguientes factores: como entrar en un viraje, cómo mantener una actitud lateral, altitud y velocidad durante un viraje; y cómo recuperar un viraje.

Por lo general los helicópteros vuelan por instrumentos entre los 80 y 120 nudos siendo la inclinación alar entre 12º y 18º para mantener el régimen de virajes estándar. (3º por segundo).

$$\frac{\text{VAV}}{10} \text{ + la mitad de este resultado = Viraje 3° x segundo}$$

D.I.I.

3.3.8.1 Control Lateral

Antes de realizar un viraje, decidir el ángulo de actitud lateral a ser usado. Una pequeña razón de viraje podría necesariamente prolongar el viraje, de igual forma una gran razón de viraje podría causar sobrepasar el rumbo predeterminado y hacer más difícil el control de la aeronave. Como una guía para pequeños virajes (15º ó menos) el ángulo de actitud lateral debería aproximarse al número de grados a virar. Para virajes de más de 15º, se usa normalmente el viraje estándar.

Para entrar en un viraje, se debe establecer con el cíclico la inclinación lateral que se mantendrá durante el viraje, utilizando para esto el indicador de actitud, el que luego pasará a ser un instrumento de soporte, ya que los instrumentos primarios para mantener la performance del viraje a nivel serán el altímetro para la actitud (pitch) y el velocímetro primario (potencia). Además será necesario un aumento de la potencia (colectivo) para mantener la velocidad y se deberá también disminuir la actitud ya que esta aumentara con el aumento de potencia para la mantención de la altitud. Hay que considerar el uso de los pedales para mantener un vuelo coordinado ya que por el hecho de controlar el rotor de cola que tiene empuje lateral, afectará la mantención de los parámetros al no compensar los cambios de potencia realizados a lo largo de la maniobra de viraje.

El control de actitud lateral deberá ser mantenido a través de todo el viraje, por referencia al indicador de actitud. Hacer un buen Cross-Check con el indicador de rumbo o indicador de viraje para determinar si la razón de viraje es satisfactoria. Compensar el helicóptero es muy buena ayuda para virajes prolongados ya que se obtiene un buen control de la aeronave.

Para pasar nuevamente del viraje al vuelo recto y nivelado, recuerde tomar los anticipos, dentro de los que se recomienda el comenzar a sacar el viraje con la misma razón que se inicio y con 1/3 de la inclinación en grados de anticipo.

Hay que recordar que al iniciar el viraje se ajustaron los controles para mantener el vuelo nivelado, por lo que al sacar el viraje, se deberá bajar el colectivo a la potencia de referencia para la altitud requerida y por lo tanto ajustar el cíclico (pitch) para la mantención de la velocidad deseada.

Es importante considerar el viento, tanto en la mantención de rumbo como en los virajes, ya que debido a la baja velocidad trasnacional, la aeronave se hace susceptible al mismo.

3.3.8.2 Control de Altitud

Las técnicas para mantener una altitud constante durante un viraje son similares a aquellas usadas en la mantención del vuelo recto y nivelado. Durante la parte inicial de la entrada en viraje, mantener la misma actitud longitudinal y potencia que es usada para mantener la altitud con las alas niveladas. A medida que aumenta el ángulo de inclinación alar, anticipar la tendencia de la aeronave a perder altitud por cambio del vector sustentación. Ajustar la potencia como sea necesario después de haber verificado el variómetro y el altímetro.

Una vez establecido el viraje, se deberán hacer pequeños ajustes de potencia para mantener la altitud deseada.

3.3.8.3 Control de Velocidad

Las técnicas de control de altitud longitudinal para mantener una velocidad durante un viraje son similares a aquellas usadas en vuelo recto y nivelado. Anticipar una tendencia de la aeronave a perder velocidad en un viraje.

El control de velocidad en el viraje dependerá de las intenciones a realizar por parte del piloto, ya que se pueden hacer aceleraciones o desaceleraciones durante el viraje. Por lo tanto hay que tener presente que se debe realizar una correcta interacción de los controles para mantener, aumentar o disminuir la velocidad.

En caso de aumentarla, se debe colocar potencia (subir colectivo) y disminuir la actitud (cíclico adelante) de manera de mantener la altitud con los movimientos del cíclico y así, una vez alcanzada la velocidad deseada, ajustar la potencia de referencia y continuar con las correcciones antes descritas para el viraje.

En caso de ser una desaceleración, los movimientos son inversos a los antes descritos, por lo que se deberá bajar el colectivo (bajar potencia) y aumentar la actitud en forma constante para mantener la altitud y ajustar los controles para mantener el viraje con los parámetros deseados.

En ambos casos anteriores, recuerde que el control direccional a través de los pedales se verá comprometido con los cambios de potencia, por lo que debe ajustar sus pedales en forma simultánea, para mantener un vuelo coordinado y evitar así un aumento o disminución de la inclinación, por el mínimo, pero no despreciable empuje lateral que el rotor de cola representa para este tipo de aeronaves.

Errores comunes durante virajes.

a) Falla en la mantención de razón de viraje
b) Falla en la mantención de la Altitud en los virajes nivelados
c) Falla en la mantención de la velocidad deseada en viraje
d) Diferencia en la razón de entrada y salida del viraje
e) Falla en el uso de los pedales para salir a un rumbo deseado
f) Uso inapropiado de la potencia
g) Falla en la correcta utilización de los pedales

3.3.9 Virajes Escarpados

Un viraje es considerado escarpado si el ángulo usado es mayor que el requerido para un vuelo instrumental normal. La mayor parte de los helicópteros usan el viraje estándar como virajes normales.

La entrada a un viraje escarpado se realiza de la misma forma que la de un viraje normal.

A medida que el ángulo de viraje aumenta, ocurre una disminución en el vector sustentación, lo cual requerirá de un aumento de la potencia.

El uso del compensador en virajes escarpados varía de acuerdo a las características individuales de cada helicóptero y técnicas de cada piloto. Sin embargo una apropiada coordinación ayudara al control de la aeronave y reducirá la carga de trabajo del piloto. Ajustar la altitud longitudinal para mantener la velocidad a medida que el ángulo de inclinación lateral aumenta.

Durante el viraje escarpado el control de la altitud y potencia deben ser mantenidos de la misma forma como un viraje normal; sin embargo mayores ajustes de potencia serán requeridos para una desviación de altitud dada. Variando inadvertidamente el ángulo de inclinación lateral durante un viraje hará más difícil el control de altitud.

Prestar suficiente atención al indicador de actitud para mantener un ángulo de viraje constante. Si la pérdida de altitud llega a ser excesiva, reducir el ángulo de inclinación lateral o lo necesario para ganar control positivo de altitud.

Cuando se está saliendo de un viraje escarpado, se debe estar atento a corregir la potencia y actitud usado durante el viraje. Salir del viraje a la misma razón que se hace para salir de virajes normales.

El variómetro pude ser excelente ayuda para mantención de vuelo recto y nivelado refiriéndose a los instrumentos de performances.

3.3.10 Cambios De Velocidad

Los cambios de velocidades se pueden practicar tanto en vuelo recto y nivelado como en viraje. Como se dijo anteriormente la actitud longitudinal controla la velocidad y la potencia controla la altitud.

Para practicar esta maniobra la velocidad puede mantenerse igual a la velocidad de crucero normal. Los cambios de actitud son los movimientos iniciales y posteriormente se efectúan los cambios de potencia para mantener la altitud.

Para acelerar a una velocidad determinada se debe poner una menor actitud en el horizonte artificial para luego aumentar la potencia con el propósito de no perder altitud.

Para desacelerar a una velocidad determinada se debe poner una mayor actitud en el horizonte artificial para luego disminuir la potencia con el propósito de no ganar altitud.

3.3.11 Ascensos Y Descensos

Normalmente los ascensos y descensos se efectúan a velocidad y razón constante, usando aquellas velocidades y razones que se establecen normalmente en la operación normal de vuelo por instrumentos de cada helicóptero.

Antes de realizar un ascenso o descenso, se debe decidir cuál será la potencia requerida para definir la razón a usar. Normalmente durante el ascenso o descenso se mantiene la misma velocidad.

Se debe ajustar la potencia con el colectivo y con el cíclico se debe mantener la velocidad durante el ascenso o descenso.

Para lograr una velocidad constante o razón constante se aplican las siguientes técnicas.

Si se encuentra volando a una velocidad superior a la cual realizará el descenso y si éste será con una velocidad constante, lo primario que debe realizar es bajar el colectivo junto con mantener la altitud mediante la utilización del cíclico y al momento de alcanzar la velocidad deseada, mantenerla con el cíclico y ajustar el colectivo para alcanzar la razón deseada. En este caso el velocímetro será primordial para mantener la actitud de la aeronave y el indicador de potencia será el primario para mantener la razón de descanso.

Para mantener la razón constante, comience a bajar el colectivo hasta la potencia de referencia y cuando se establezca el descenso, utilice el variómetro como referencia primordial para mantener la actitud deseada y el velocímetro como referencia de la potencia que se está colocando.

Los errores comunes de los ascensos y descenso son los siguientes:

a) Falla en la mantención del rumbo
b) Uso inapropiado de la potencia
c) Bajo control de la actitud de Pitch
d) Inapropiada mantención en la compensación de los pedales
e) No nivelar a la altitud deseada.

3.3.12 Descenso En Ruta

Antes de iniciar el descenso verificar y ajustar si es necesario el indicador de actitud para el vuelo recto y nivelado; el helicóptero, para este chequeo, deberá encontrarse en vuelo recto y nivelado no acelerado y a la velocidad recomendada de crucero.

Para establecer el descenso, reduzca el torque (control colectivo) con el propósito de mantener la razón de descenso deseada. Aplicar pedal para contrarrestar el torque. Con el control cíclico mantenga la velocidad constante.

Durante el descenso la barra del indicador de actitud deberá mantenerse sin variaciones.

3.3.13 Descenso De Emergencia (Autorrotación)

Durante la operación de vuelo por instrumentos puede tener la necesidad de recurrir a realizar una autorrotación debido a diferentes motivos.

Si se está en condiciones VMC, aplique los conocimientos que se poseen en particular para la aeronave que se opera. Sin embargo puede ocurrir que se necesite efectuar una autorrotación sobre nubosidad o lo que es aún peor en condiciones IMC. En estos casos no existen procedimientos definidos para ejecutar el descenso en emergencia.

Recuerde ir siempre preparado con todos los recursos disponibles tales como cartas, publicaciones, luces, extintores y todos los equipos necesarios para sofocar las emergencias.

B.E.I.

En términos generales, al verse enfrentado a alguna emergencia, preocúpese inicialmente de mantener el control efectivo del helicóptero, sobre todo bajo condiciones IMC, y luego determine a qué tipo de emergencia se está enfrentando. En caso de que la emergencia requiera realizar un planeo autorrotativo, proceda de acuerdo a lo establecido por los procedimientos propios de su aeronave, ya sea en la recta o en viraje, procurando la mayor acuciosidad en la mantención de los parámetros establecidos para tal efecto.

Los errores comunes en esta maniobra son los mismos que se suelen cometer en condiciones de vuelo visual.

Asimismo, se recomienda en términos generales ante una falla eléctrica total, apagar todos los equipos no esenciales para luego proceder a aterrizar si las condiciones y el lugar de operación lo permite, de no ser así, los procedimientos del helicóptero en particular le indicarán otros posibles cursos de acción al respecto. En caso de presentar una falla de los equipos de radio, no será requerido aterrizar de inmediato, si existe la certeza de continuar el vuelo en forma segura y cumpliendo con los procedimientos aeronáuticos para tal efecto.

Se debe considerar todas las variables que podría afectar durante una emergencia.

- Lo primero es mantener el control del helicóptero analizando la situación.
- Reducir el control colectivo de manera de mantener las RPM del rotor dentro de los límites normales de autorrotación.
- La velocidad de autorrotación deber ser mantenida hasta tener contacto visual con el terreno.
- Maniobre el helicóptero para dejarlo de frente al viento de superficie que se estime en ese momento o al último viento conocido.
- Tan pronto como se establezca la autorrotación y el helicóptero esté bajo control positivo, completar el procedimiento de falla de acuerdo al manual del helicóptero. Durante el descenso, limitar el ángulo de inclinación alar a 15º.
- Si se conoce la base de la nubosidad, esté atento a realizar una transición a vuelo visual por lo menos 500 pies antes de la base de las nubes.
- Si el helicóptero posee radio altímetro, seleccione en el instrumento la altura en la que se deba efectuar un quiebre de planeo, para facilitar la emergencia.

P.E.T.

Errores Comunes en la autorrotación:

a) No mantener la actitud de descenso.
b) No mantener un viraje controlado y una razón constante.
c) No mantener las RPM del motor.
d) No mantener la velocidad establecida
e) No efectuar un cross- check suficientemente ágil.

3.3.14 Actitudes Anormales

Una actitud anormal del helicóptero puede resultar por muchos motivos; turbulencia, distracción del piloto, desorientación espacial en la transición de vuelo visual por instrumentos, no darse cuenta que falló el indicador de actitud, etc.

Las técnicas de recuperación van a variar de acuerdo a la gravedad de la actitud anormal y acorde al grado de desorientación que pueda presentar el piloto.

Las recuperadas de actitudes anormales en los helicópteros es singular debido a la aerodinámica del ala rotatoria así como la aplicación del concepto de Control y Performance. La ejecución de técnicas incorrectas de recuperación puede producir que las palas del rotor entren en stall, que el helicóptero siga descendiendo con potencia o que entre en una guiñada incontrolable cuando no se aplica a tiempo la recuperada.

Para reconocer una actitud anormal se notara que las agujas de los instrumentos de performance se moverán y variarán más rápido de lo normal o a lo que sé esta normalmente acostumbrado a ver, inmediatamente revisar el indicador de actitud para ver que se presente o no, como de costumbre:

Ejemplo: "Esta casi de un solo color" (mucha actitud de nariz abajo o nariz arriba) o "Línea del horizonte se presenta casi en la vertical" (demasiada inclinación alar)

Ante esta condición debe ser capaz de recuperar el helicóptero bajo las siguientes condiciones:

3.3.14.1 Recuperar el Helicóptero Usando el Indicador de Actitud

Si ocurre en descenso, verificar la altitud, límites de aceleración y velocidad, y considerar la posibilidad que las palas entren en stall por velocidad o excesiva potencia.

Para recuperar, llevar la miniatura del indicador de actitud al horizonte y efectuar un Cross-Check para comparar la potencia versus la velocidad y/o razón de ascenso o descenso.

Si ocurre un ascenso y se tiene demasiada actitud nariz arriba, inclinar las alas no más de 30º para que la aeronave caiga por descomposición de la sustentación. Una vez que la miniatura se encuentre en el horizonte recuperar la inclinación alar ajustando la potencia para vuelo recto y nivelado efectuando un rápido Cross-Check.

El motivo principal de poner inclinación alar es para que el helicóptero caiga por si solo. No se debe bajar la actitud porque produce "G" negativa y esto agrava la situación.

3.3.14.2 Recuperar el Helicóptero Sin Indicador de Actitud

Cuando falle el indicador de actitud, las recuperadas de actitudes anormales dependen en gran medida de la experiencia del piloto y de saber reconocer a tiempo la falla del indicador de actitud.

Las fallas del indicador de actitud se sospecharán cuando los cambios que realice en los controles no se manifiesten en el indicador o simplemente las respuestas del comportamiento sean contrarias a lo normalmente esperado. Cuando se detecte en una actitud anormal y falle el indicador de actitud aplicar los siguientes procedimientos.

Determinar si el helicóptero está en ascenso o descenso Cross-Chequeando el variómetro, altímetro y velocímetro. Centrar inmediatamente el helicóptero con el indicador de viraje, esta maniobra debe ser suave y constante.

Nivelar el helicóptero usando la potencia de referencia y controlar la altitud en conjunto con el altímetro, variómetro y velocímetro. Recordar el retraso del variómetro para no cometer el error común de seguir el instrumento. Recordar que no hay que creer en las sensaciones de vuelo porque llevaran a agravar la situación.

NOTA: Cuando los helicópteros experimenten actitudes anormales como resultado de una entrada en stall de palas, se debe reducir el colectivo antes de aplicar la corrección de actitud aunque éste se encuentre en ascenso.

Si se encuentra en picada, reducir el colectivo y la inclinación lateral antes de corregir la actitud longitudinal y además, evitar en cualquiera de los casos poner “G" negativas ya que esto agrava la situación produciendo una nueva actitud anormal y/o daños estructurales al helicóptero.

Los errores comunes de las recuperadas son los siguientes:

a) Falla en colocar la correcta actitud para detener el movimiento.
b) Falla en colocar la corrección de inclinación lateral correcta.
c) Aplicación de potencias que no son las establecidas.
d) Sobre control en los tres puntos anteriores.
e) Excesiva pérdida de altitud.

3.3.15 Ingreso inadvertido en condiciones IMC.

Los helicópteros muchas veces operan en condiciones meteorológicas cambiantes, por lo que podría ocurrir un ingreso inadvertido en condiciones IMC. Esto ocurre cuando las condiciones de visibilidad impiden ver correctamente el horizonte ya sea por niebla, humo, nieve, lluvia, etc.

La primera acción a seguir es controlar la aeronave, manteniéndose siempre orientado al mismo tiempo que desacelerarla y seguir buscando el terreno para salir de esta condición no deseada.

Para realizar la transición de vuelo en condiciones VFR a vuelo IFR, proceda con los pasos que a continuación se detallan, realizándolos de a uno a la vez.

- Control: Primero use la miniatura del indicador de actitud para nivelar el helicóptero. Mantenga el rumbo y aumente la potencia, estableciendo una montada con la velocidad de mejor ángulo de montada.

- Montada: Mantenga la montada en la recta hasta que su Cross Check se estabilice, virando solo si tuviese obstáculos al frente que no permitan salir bien de esta condición. (por lo menos 1000 ft. Sobre el obstáculo más alto conocido.

- Comunicaciones: Llame al organismo controlador del tránsito aéreo una vez el helicóptero esté estabilizado en rumbo y montando fuera del peligro.

B.H.I.

3.3.16 Aproximaciones Instrumentales

La versatilidad del helicóptero para maniobrar en un espacio aéreo menor que la aeronave de ala fija, ha dado lugar a que existen algunas diferencias en el criterio de diseño de aproximaciones.

En otros países como Estados Unidos, existen Aproximaciones diseñadas para ser utilizadas sólo por helicópteros. Éstas se identifican con el término "COPTER" seguido con el tipo de radioayuda que brinda la guía hacia el curso final de aproximación. **(Fig. 3- 24)**

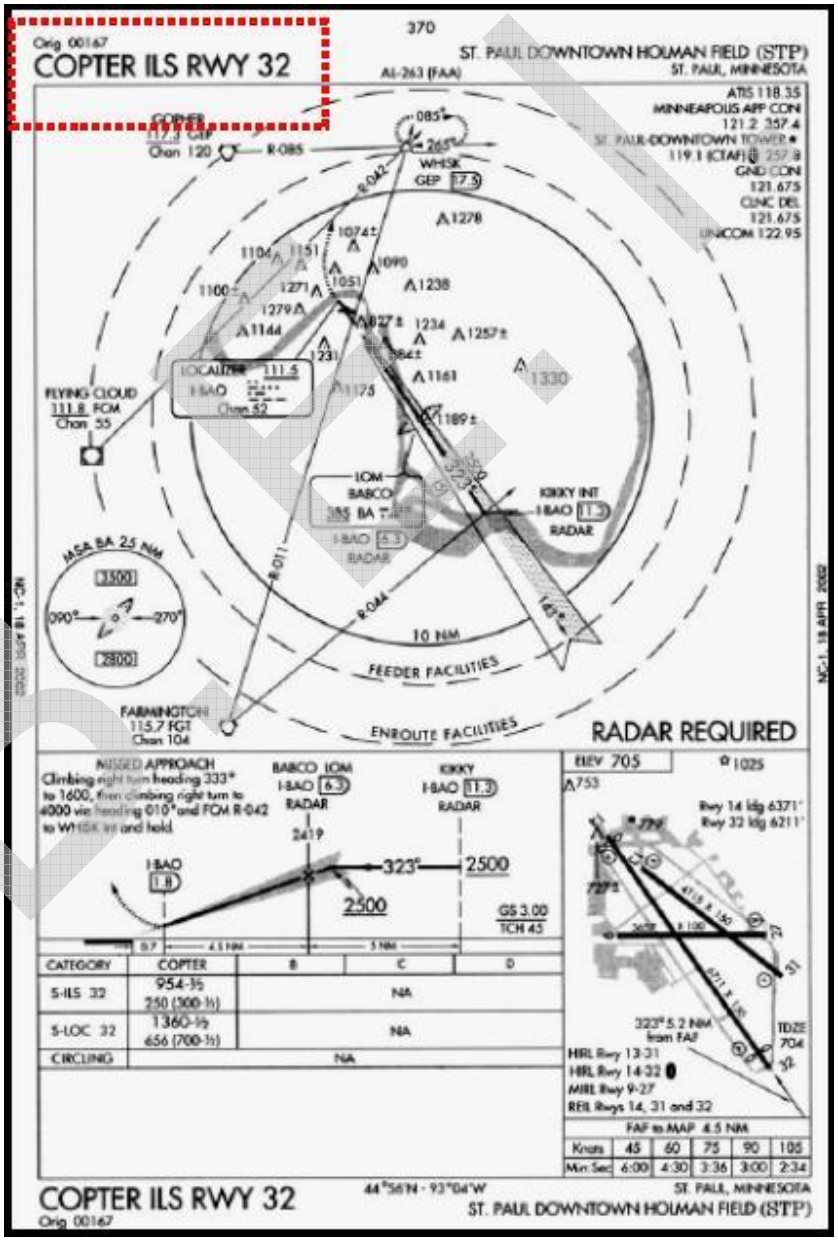


Figura 3-24

En Chile no existen aproximaciones sólo para helicóptero, ya que estos usan las mismas que para ala fija ingresando a la tabla de Categoría "A".

Antes de comenzar la aproximación colocar el indicador de actitud apropiadamente (miniatura sobre del horizonte en vuelo recto, nivelado y no acelerado).

Para todos los cambios longitudinales y laterales, usar el indicador de actitud. No exceder un ancho de barra en pitch y limitar a un máximo de 30º la inclinación alar.

Durante el descenso en la aproximación, hacer las pequeñas correcciones de razones de descenso con el control colectivo, manteniendo la velocidad con el indicador de actitud.

3.3.17 Circuitos De Espera

El circuito de espera no representa un problema de control, si se aplican todas las técnicas de vuelo básico descritas en el presente capitulo.

Las velocidades a mantener son las recomendadas por el manual de vuelo, las que normalmente varían entre 80 y 100 KTS.

Para las correcciones longitudinales o laterales, usar el indicador de actitud, no excediendo un ancho de la barra en pitch y 30º en inclinación alar.

Es mejor no hacer cambios de potencia (colectivo) a menos que la velocidad varíe en ± 5 nudos.

Considerar el viento y tiempo de vuelo en los tramos del C.E., para aplicar las correcciones necesarias durante la aproximación.

En condiciones de viento extremo, y en tramos donde la velocidad terrestre disminuya demasiado producto de ello, dependiendo de la aproximación que se realizará, si es V.O.R. o N.D.B y de la altitud que este el circuito de espera, habrá que aumentar los tiempos de alejamiento y acercamiento ya que con la velocidad que se recomienda en ocasiones, no alcanzará a salir del cono de confusión.

3.3.18 Aproximaciones Frustradas

La aproximación frustrada se realiza en el MAP aplicando potencia y estableciendo una actitud de montada (ascenso normal).

B.E.I.

3.3.19 Vuelo Instrumental Nocturno

El vuelo instrumental nocturno presenta muchos de los mismos problemas que tiene el vuelo por instrumentos IMC. Debemos incluir algunos problemas adicionales causados por la iluminación de los instrumentos, los reflejos de la cabina y las luces exteriores que se ven a través de toda la cabina incluyendo la zona de los pedales. Esto favorece enormemente a la desorientación.

Cuando se opera nocturno en condiciones IMC, poner las luces de navegación en fijas y apagar la luz anticolisión para reducir los reflejos de las nubes.

Para despegue y aterrizaje nocturno, colocar la luz de aterrizaje aproximadamente 15º bajo la línea del horizonte. Esto dará al piloto un punto de referencia durante el despegue y también iluminara el área de aproximación final, siguiendo una trayectoria normal.

3.4 USO DEL HUD EN EL VUELO POR INSTRUMENTOS

El HUD le proporciona al piloto la información de vuelo proyectada en forma simbólica en una pantalla de vidrio a la altura del campo visual.

La simbología está alineada con la trayectoria de vuelo de la aeronave y ópticamente enfocado y perfeccionado para el uso y lanzamiento de armamento y proyectiles. La mayoría de las proyecciones suministran algunas indicaciones aplicables al vuelo por instrumentos. Los actuales HUD proporcionan la información relativa al control, la navegación, las performances de la aeronave y se pueden incorporar en el Cross-Check.

Como norma institucional, los HUD no deben usarse como referencia única instrumental, ya que no proporcionan suficientes referencias de la actitud de la aeronave para que el piloto se mantenga suficientemente orientado o para que pueda recuperar una actitud anormal. Sin embargo, existen sistemas avanzados en la actualidad, que permiten realizar un vuelo en condiciones IMC, utilizando como referencia única el HUD.

NOTA: Refiérase al Manual de Vuelo de su aeronave para determinar el modo de uso del HUD.

La información de navegación del HUD varía conforme al tipo de aeronave, tanto en simbología como en el formato. Las fuentes de Información se pueden seleccionar (INS, ILS, VOR, GPS, etc.) por lo

tanto es muy importante recordar qué fuente fue la que seleccionó y si se trata de información analizada o no.

Finalmente hay que recordar que los HUD representan parte de la información de manera que el piloto que utiliza el HUD debe saber interpretar correctamente las performances que se están obteniendo.

B.E.I.

4 RADIOAYUDAS, SISTEMAS DE NAVEGACIÓN Y SISTEMAS DE VIGILANCIA.

4.1 PRINCIPIOS DE RADIO

4.1.1 Características de las ondas

4.1.1.1 Onda superficial o terrestre: Esta onda se propaga sobre la superficie de la tierra. Le afecta la conductividad del suelo. Toma la forma de la superficie, así es que no lo afectan los cerros. Su alcance es proporcional a la potencia de emisión y a su longitud

$$\lambda = \frac{\text{velocidadde propagación}}{\text{frecuencia}}$$

de onda. **(Fig. 4-1)**

Figura 4-1

Este modo de propagación se hace factible en las bandas VLF, LF, MF, y en parte baja del HF.

4.1.1.2 Onda directa: Esta onda va directamente desde el transmisor al receptor, sufriendo solamente refracciones en la Troposfera. Esto se produce con las ondas de las Bandas VHF y UHF hacia arriba.

4.1.1.3 Onda Ionosférica: Esta onda viaja hasta la ionosfera produciéndose sucesivas refracciones, que hacen que la onda regrese a la tierra. Este modo de propagación se hace posible en la Banda HF.

4.1.1.4 Onda Difractada: Este fenómeno se produce al pasar el frente de ondas por un obstáculo (cerro, edificio, etc.) y una parte de la energía se difracta detrás del obstáculo. Este modo de propagación se hace posible en la Banda VHF principalmente.

4.1.1.5 Onda Dispersada: Esta dispersión se produce en la parte alta de la Troposfera (10 Km) y con esto se puede lograr enlaces de hasta 350 Km. La banda que produce mejor la dispersión es la UHF.

4.1.1.6 Onda Reflejada: Esto se produce en todas las Bandas y se conoce como trayectoria múltiple, o sea, llega al receptor un

campo electromagnético directo más los reflejados en diferentes lugares. Si llega un campo directo y uno reflejado al mismo tiempo, a un receptor y en contrafase (180º), éstas se anulan.

4.2 El Espectro Electromagnético y su Uso

4.2.1 Comunicaciones Aéreas

HF	3 – 30	MHZ
VHF	117 – 135	MHZ
UHF	225 – 339.9	MHZ

4.2.2 Ayudas a la Navegación

OMEGA	VLF	
ADF	100 – 1750	KHZ
VOR	108 – 117.9	MHZ
ILS	329 – 335	MHZ
BALIZAS	75 -	MHZ
DME	900 – 1100	MHZ
RADAR TERRESTRE	2 - 3,5	GHZ
RADAR AÉREO	9 - 10	GHZ (BANDA x)

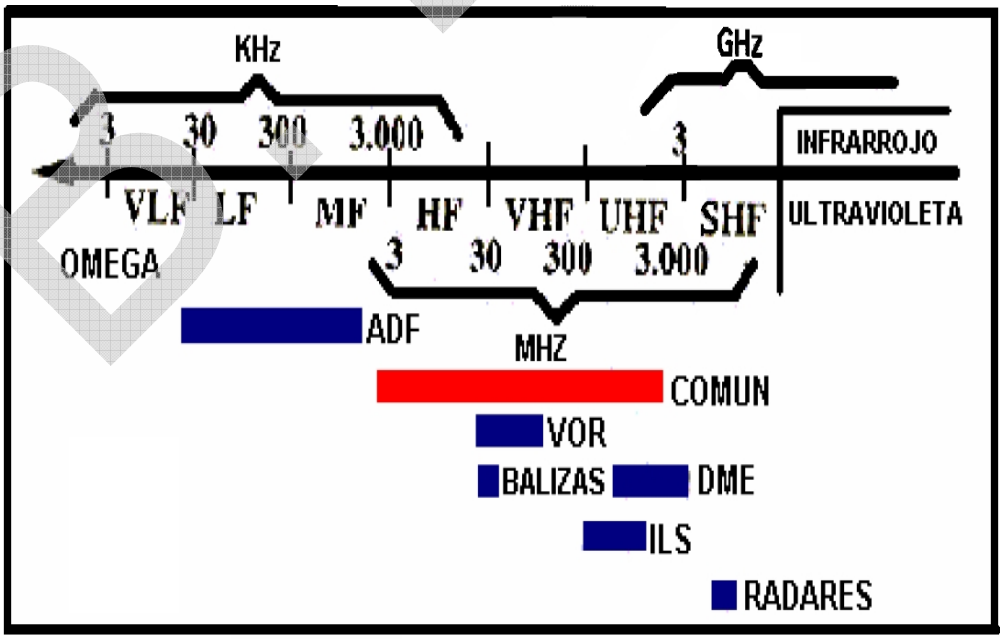


Figura 4-2

4.3 AUTOMATIC DIRECTION FINDER (A.D.F.)

El radio compás es una ayuda a la navegación que, en la forma de un receptor de baja frecuencia (100 a 1.750 Khz.), le da al piloto la posición relativa de su avión con respecto a una estación determinada que esté dentro del alcance del equipo en tierra. Esta posición es presentada a través de una aguja sobre la carátula del compás. **(Fig. 4-3)**

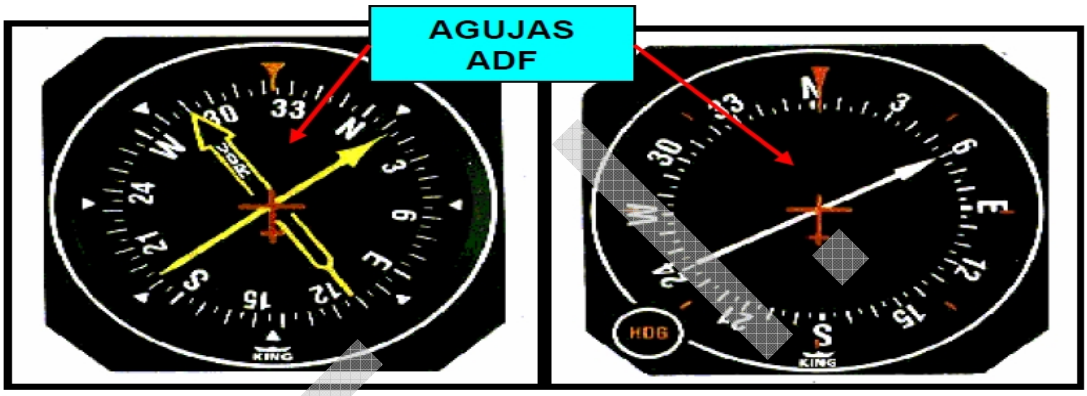


Figura 4-3

4.3.1 Componentes

Todos los equipos tienen por lo general, los mismos componentes, con pequeñas variaciones de un equipo a otro. Éstos son:

a) Antena LOOP o direccional (cuadro)
b) Antena Sensitiva c. Receptor
c) Motor del LOOP
d) Transmisor AUTOSIN
e) Caja de Control g. Indicadores

4.3.2 Principio de Operación

El Radiocompás determina automáticamente la dirección hacia cualquier estación que esté en la frecuencia y rango de sensibilidad, pudiendo ser una estación de radio AM, como también un NDB.

Basa su funcionamiento en las características de la antena LOOP, dando la máxima indicación cuando está paralela a la señal y a medida que adquiere una posición perpendicular, disminuye la señal hasta que llega al mínimo o NULO. Esto último ocurre debido a que ambos lados de la antena LOOP están equidistantes de la estación y la onda llega a ambos lados del LOOP en el mismo punto de su ciclo. El voltaje es teóricamente cero y la fuerza de las señales recibidas es mínima.

En el siguiente dibujo se aprecia esta característica, **(Fig. 4-4)**:

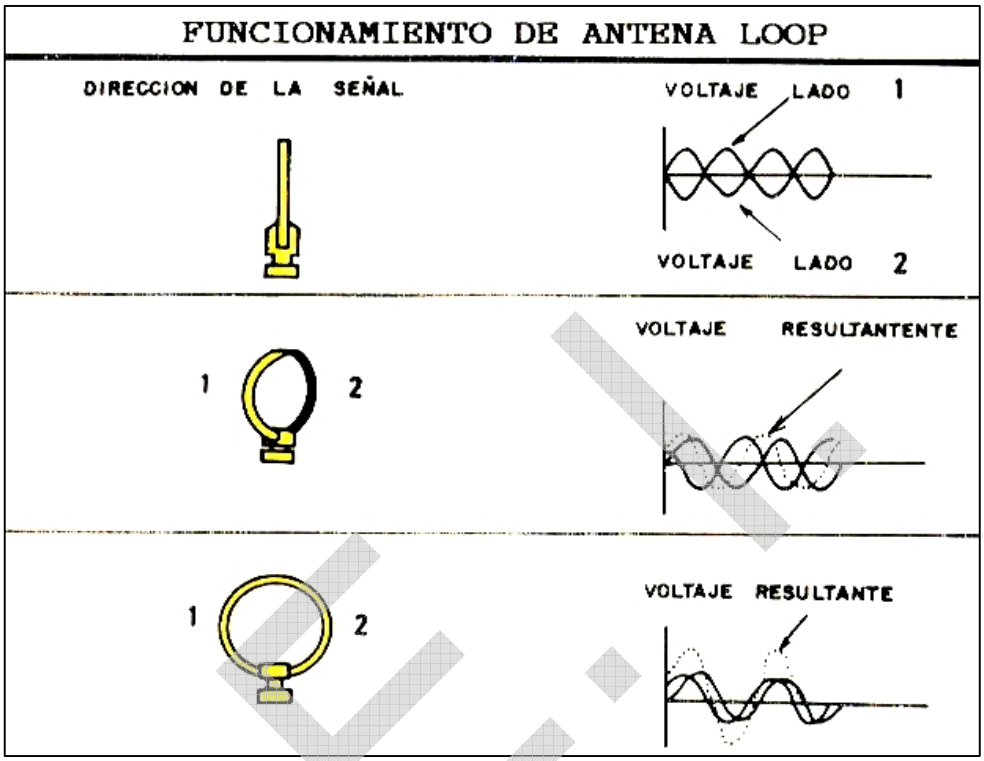


Figura 4-4

Cuando la antena LOOP se encuentra paralela a las ondas, la corriente fluye en un conductor LOOP debiendo seguir en direcciones opuestas en cada mitad de éste. El hecho de que un lado de ella esté más cerca de la estación, produce un ligero retardo entre el tiempo en que la onda de radio llega a un lado y el tiempo que llega al otro. Debido a esto, hay una diferencia de fase entre los voltajes inducidos en cada mitad del Loop, lo que provoca que la corriente resultante fluya a través del transformador y que haya una señal de entrada hacia el receptor.

La antena Loop posee una limitación que es la incapacidad de discernir desde que lado viene la señal. Esto se denomina “Ambigüedad de 180º”. Es solucionada por medio de la Antena Sensitiva, cuya función es entregar al equipo receptor una señal, que respecto a la suministrada por la de cuadro o Loop, esté fuera de fase.

El Radio-Compás puede usar dos tipos de indicadores, ambos son impulsados por el mecanismo receptor AUTOSIN y los dos muestran la posición angular de la antena Loop con relación al eje longitudinal del avión. El primero es el de la Carátula Fija en donde la marcación cero grados representa la nariz del avión y la aguja ADF indica la estación en un QDR

relativo. El otro caso es el indicador de Carátula Móvil, generalmente el RMI, ID-250 o HSI, en los cuales se representan rumbos magnéticos del avión bajo el TOP-INDEX y la aguja del ADF indica la estación en QDM y QDR.

4.3.3 Prueba Del Equipo ADF En Tierra

Refiérase al Manual de operación o al Manual de Fase de su unidad, para revisar el proceso de prueba del equipo a bordo de su aeronave.

Sin embargo, tome en consideración los siguientes puntos para efectuar la prueba, independiente del tipo de equipo que posea:

- Seleccionar la frecuencia NDB más potente o la que se encuentre más cercana al aeródromo para efectuar la prueba.
- Identificar la señal Morse de la estación NDB seleccionada con la carta ADC (reverso de la cartilla de aproximación IAC 1), correspondiente al aeródromo.

4.3.4 Cajas de Control

Refiérase al manual de vuelo de su avión, para obtener las características y capacidades específicas de su equipo.

4.3.5 Operación General de un ADF

- Encienda el receptor
- Seleccione la frecuencia deseada
- Identifique la señal de la estación
- Lleve el selector ADF / NAV del HSI a la posición ADF.
- Seleccione modo ADF en el panel de control.
- Verifique que la o las agujas se orienten a la estación

NOTA: Durante la operación, se debe monitorear continuamente la señal audible. La única información en algunos equipos ante la falla de la estación terrestre es la ausencia de identificación audible, ya que existen equipos que no cuentan con la capacidad de advertir una falla de la señal.

4.3.6 Errores del Radio-Compás

4.3.6.1 Efecto Nocturno

Por descenso de la capa ionosférica, las ondas que emite un NDB rebotan en ella y bajan nuevamente distorsionadas.

B.E.I.

4.3.6.2 Efecto de Costa

Al salir al mar, las ondas cambian su dirección y aumentan su velocidad. Esto hace que tiendan a deflactarse. La zona confiable queda más allá de los 30º con respecto a la línea general de costa. Esto se aprecia mejor en la siguiente imagen. **(Fig. 4- 5)**

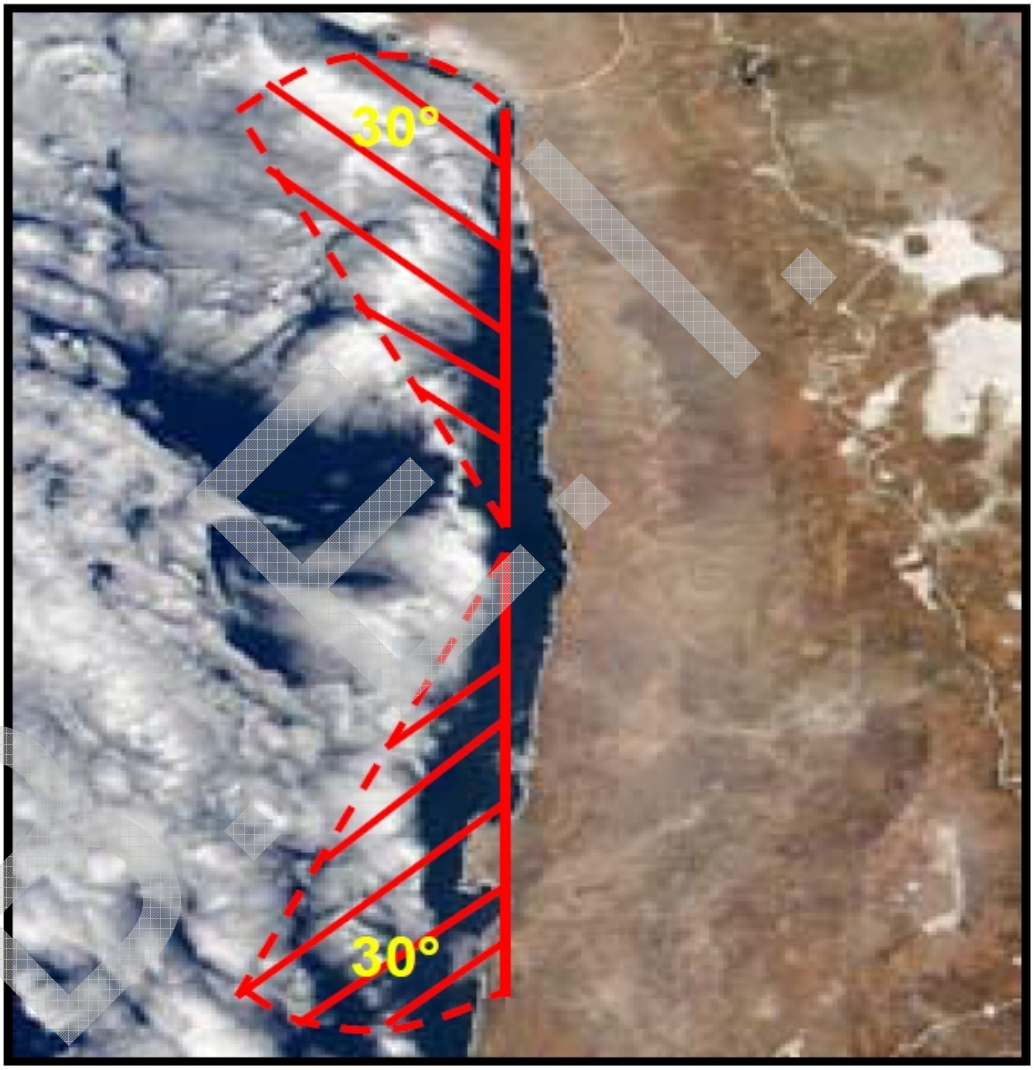


Figura 4-5

4.3.6.3 Efecto Montaña

Las ondas de radio se distorsionan al pasar por cerros, montañas, colinas altas, etc. La solución es volar más alto o sintonizar una estación más cercana.

4.3.6.4 Estática

Lluvias, tormentas, ruidos estáticos, nubes con electricidad, producen estática que se traduce en oscilación de la aguja. Para minimizar este efecto, se debe sacar el punto medio de las oscilaciones y asumir que esa es la indicación correcta.

4.3.6.5 Error de Profundidad

Cada vez que se inclinan las alas, la indicación de la aguja del ADF no es confiable. Por lo tanto, debe usarse sólo cuando se establezca vuelo recto y nivelado.

4.3.6.6 Error de Cuadrante

Se produce por los campos magnéticos que se generan en el avión, como por ejemplo los motores, estática de los equipos, etc. Este error es corregido en parte, cuando personal especializado compensa el avión en tierra. Pero, siempre queda un pequeño error que se tabula y va a la vista del piloto en una Cartilla de Corrección.

4.3.7 El Equipo Terrestre N.D.B. (NON DIRECTIONAL BEACON)

Estas radioayudas transmiten una portadora continúa, con una modulación de 1020

Hz. que provee la identificación; excepto durante la modulación de voz. El propósito operacional para el cual son instaladas estas radioayudas, determina la potencia de salida y su clasificación. Cuando un NDB de baja potencia es asociado con los marcadores de un ILS, es llamado Compas Locator (Compás Localizador).

4.3.7.1 Clasificación

- Radiobaliza de Localización (Compas Locator): Potencia de salida menor a 25 Watt: Alcance mínimo 15 MN.
- Radiofaros de Ruta:

- MH: Potencia de salida menor a 50 Watt. Alcance mínimo: 25 MN.
- H : Potencia de salida entre 50 y 2.000 Watt. Alcance mínimo: 50 MN.
- HH: Potencia de salida superior a 2.000 Watt. Alcance mínimo 75 MN.

4.3.8 Tolerancias

- La oscilación total de la aguja no debe exceder 20º (±10º) del QDM de interceptación en ruta, hasta los alcances mínimos indicados en la letra a. precedente.

B.E.I.

- La oscilación total de la aguja, durante una aproximación baja ADF, no debe exceder 10º (±5º) del QDM de interceptación.

4.4 V.H.F. OMNIDIRECTIONAL RANGE- (V.O.R.)

4.4.1 Generalidades

Es un sistema electrónico de ayuda a la navegación que opera en la banda de frecuencia VHF, y que permite al piloto de una aeronave, determinar el curso hacia una estación transmisora VOR, desde el punto donde se encuentra volando.

4.4.2 Componentes

El sistema básicamente consiste en una estación terrestre fija y un receptor en el avión. El transmisor terrestre emite dos señales, una señal llamada de referencia, cuya fase es constante, y otra señal variable. El equipo receptor de abordo capta ambas señales, compara sus fases y la diferencia es interpretada y transmitida al Indicador con que cuenta el equipo.

4.4.3 Prueba Del Equipo VOR En Tierra

Refiérase al Manual de operación o al Manual de Fase de su unidad, para revisar el proceso de prueba del equipo a bordo de su aeronave.

Independiente del equipo que posea su aeronave, la prueba que se describe a continuación, sirve para comprobar el estado de operación del sistema completo.

- Encender, sintonizar e identificar la estación.

- Poner en la ventanilla selectora de cursos, lo que indica la punta de la aguja VOR en el RMI. Se debe centrar el CDI con TO.

- Si el CDI no se centró, con la perilla selectora de cursos se debe cambiar el curso hasta centrarlo. La diferencia entre el curso con que se centró y lo indicado por la punta de la aguja, no debe ser superior a 4º para pruebas efectuadas en tierra y 6º para aquellas efectuadas en vuelo.

B.E.I.

- A partir del curso con que se centró el CDI, se debe desplazar el curso 10º a la derecha y verificar que el CDI se desplace la misma cantidad de grados hacia la izquierda, comprobando dicha indicación con la escala de desviación de curso y que el desplazamiento sea sin fricción. Posteriormente, desplazar el CDI hasta el tope, aumentando la cantidad de grados en el selector de curso y luego volver a la posición centrada, verificando que el CDI no se atasque ni tenga fricción. Repetir el procedimiento anterior, a partir de la posición centrada del CDI, desplazando el selector de curso hacia la izquierda.

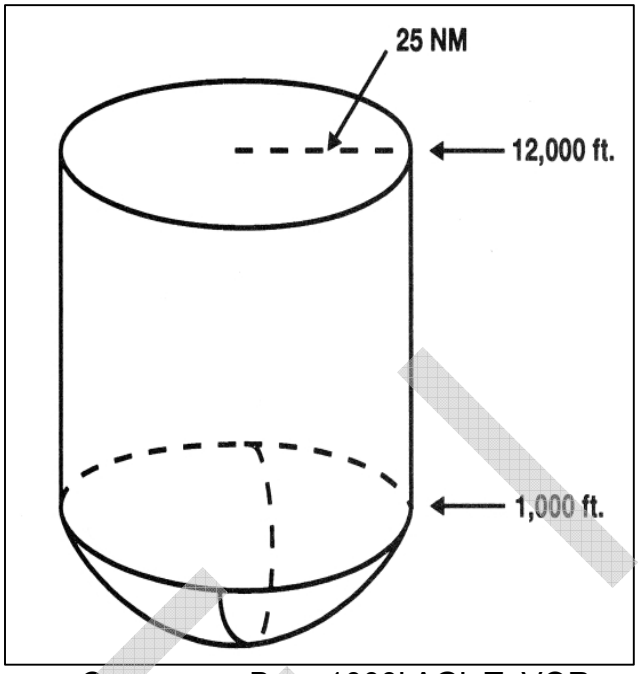
- Seleccionar un curso mayor de 90º con respecto al cual se centra el CDI y verificar el paso del indicador TO-FROM a FROM (verifique el rango de tolerancia en el manual del operador de su equipo).

- Colocar el curso seleccionado para la SID a ejecutar.

4.4.4 Tipos de VOR

- VOR T: *TERMINAL.* Se encuentran en los aeropuertos y se utilizan para distintos tipos de aproximaciones. Tienen un alcance de 25 MN y 12.000 pies AGL. **(Fig. 4- 6)**
- VOR H: *HIGH ALTITUDE.* Son los más potentes y tienen un alcance máximo de 130 MN a 45.000’ AGL., 100 MN entre 14.500’ hasta 60.000’ y 40 MN hasta 14.500’. Son utilizados normalmente para las aerovías. **(Fig. 4- 7)**
- VOR L: *LOW ALTITUDE.* Estos son utilizados para aerovías, aproximaciones altas (penetraciones) y tienen un alcance de 40 MN a 18000’ AGL. **(Fig. 4- 8)**

B.E.I.



COBERTURA BAJO 1000’ AGL T- VOR

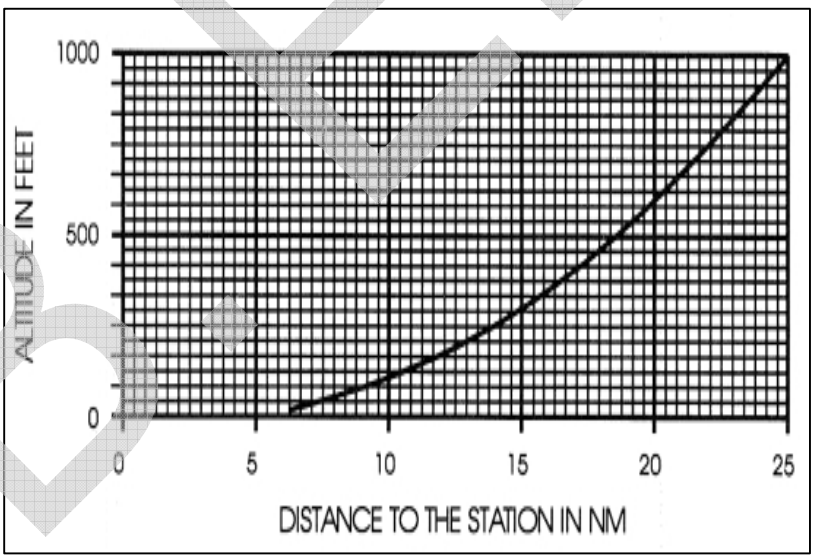
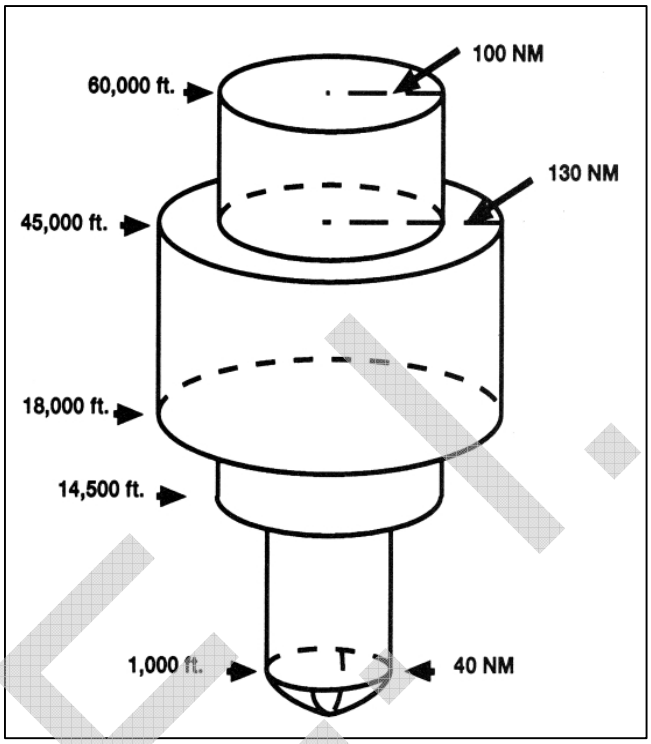


Figura 4-6



COBERTURA BAJO 1000' AGL H- VOR / L- VOR

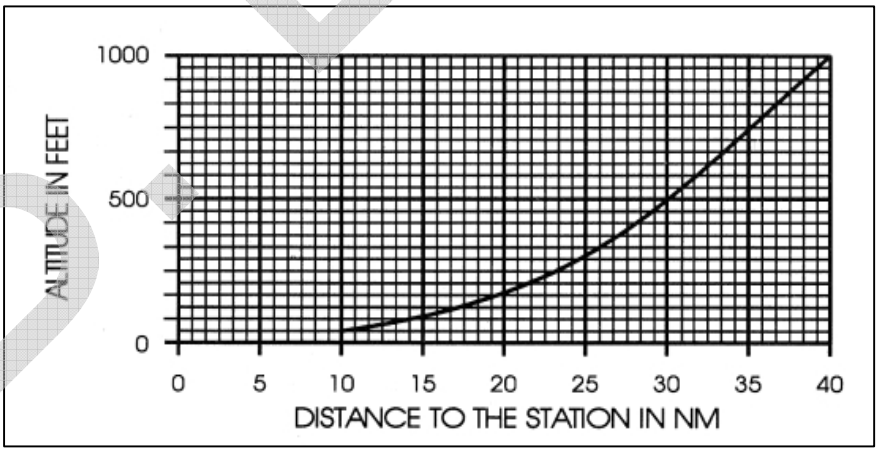


Figura 4-7

B.E.I.

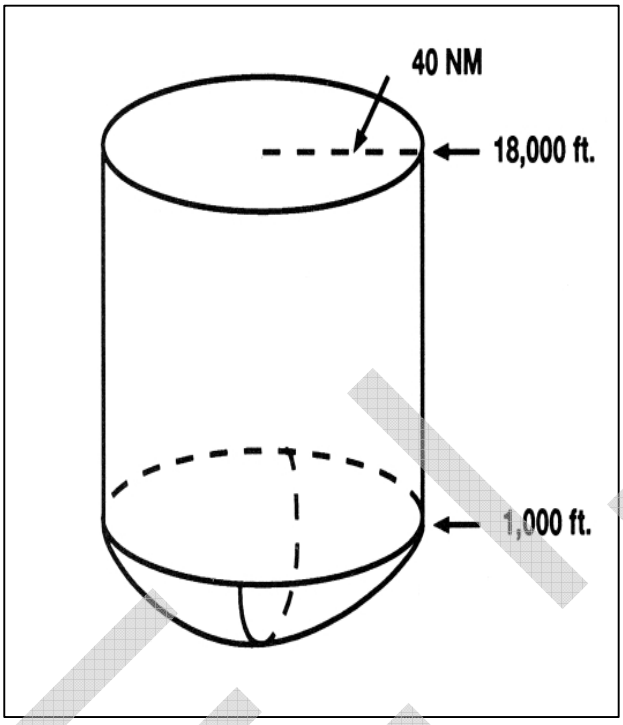


Figura 4-8

4.4.5 Emisión de Frecuencia

Los equipos VOR operan en las siguientes frecuencias: 108.00 MHZ a 117.95 MHZ. Por lo mismo, algunos equipos pueden ser utilizados como receptor de radio VHF en caso de tener falla del equipo de comunicaciones principal. Cabe destacar, que sólo puede ser utilizado como receptor y no como transmisor.

4.4.6 Identificación

La identificación de las estaciones VOR son dadas mediante código MORSE o bien con voz. Esta señal identificadora es modulada en 1020 Hz.

Actualmente, la mayor parte de las estaciones VOR en Chile, cuentan con un equipo de generación de energía de respaldo. Estas estaciones se reconocen por medio de su señal identificadora, ya que agregan un punto a su código morse de identificación. Por lo tanto, estas estaciones proporcionan un mayor grado de seguridad, ya que en caso de falla de un equipo, en forma automática se conectará con el generador de respaldo.

NOTA: El punto adicional sólo indica la presencia de un equipo de energía de respaldo disponible, y no cual de los equipos se encuentra operando.

Para que dos estaciones VOR operen en la misma frecuencia sin interferirse, deben estar espaciadas entre ellos, de acuerdo a ciertos parámetros. Sin embargo, con el incremento de estos equipos, es posible en ciertos lugares y alturas, recibir dos señales con la misma intensidad.

Esto se representará con oscilaciones en la indicación visual y en la señal audible. Por ser VHF, el VOR tiene alcance en línea de vista.

4.4.7 Funcionamiento del VOR

El VOR transmite dos señales VHF en una frecuencia de 30 Hz. la señal de referencia y la señal variable. La primera es irradiada en todas direcciones uniformemente (omnidireccional). La segunda es direccional, de tal manera que llega a cada dirección azimutal con un retraso igual al número de grados de azimut (0º a 360º).

Así por ejemplo: Si un avión se encuentra al Norte Magnético de la estación, recibirá las dos señales de 30 Hz. en fase. Si el avión se ubica al Este de la estación, recibirá la señal de fase atrasada en 90º (señal variable) respecto a la referencia. Esta diferencia de 90º será representada en el indicador del avión. Vale decir que el principio básico del VOR es la medición de una diferencia de tiempo (fase) entre las dos señales que el avión recibe. **(Fig. 4- 9)**

Se debe tener presente que un equipo VOR no es confiable ante cualquiera de estas tres condiciones:

- Fluctuaciones del indicador TO / FROM
- Bandera OFF a la vista.
- Sin señal audible.

B.E.H.

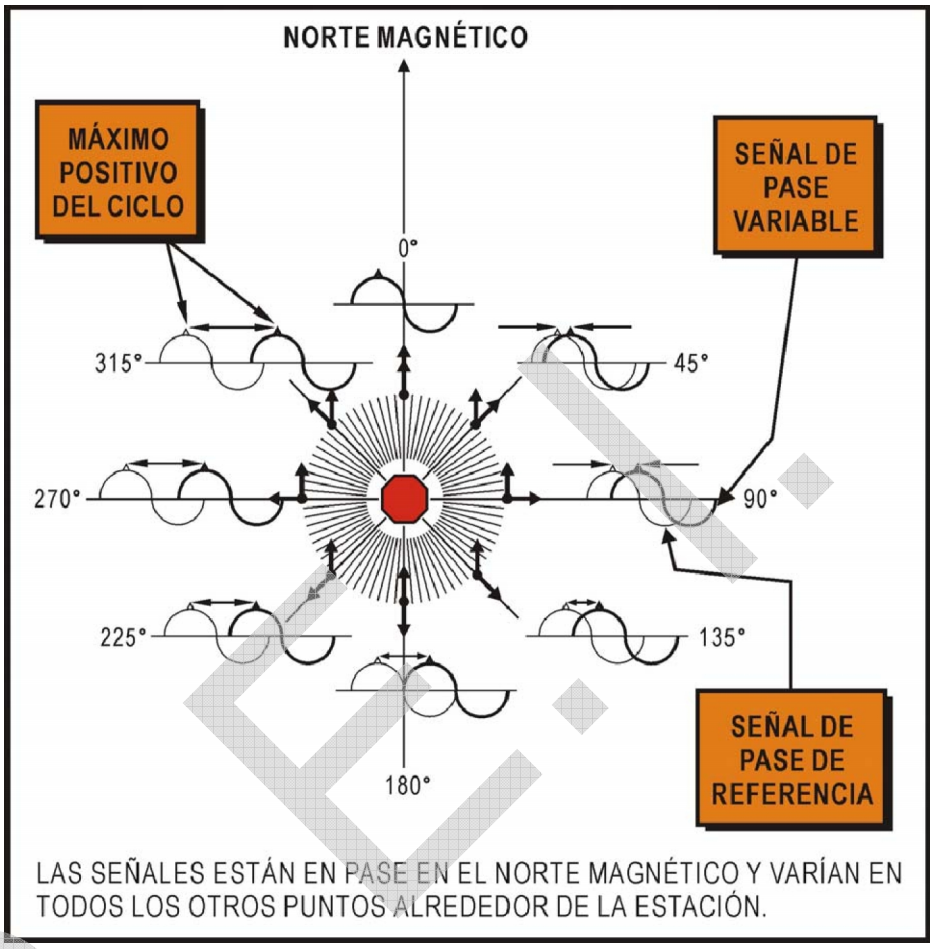


Figura 4-9

4.4.8 Radiales

Para comprender en buena forma el concepto de Radiales, podemos decir que el VOR emite 360 señales en forma similar a los rayos de una bicicleta. Cada uno de estos rayos son los llamados RADIALES. Cada vez que requiera confirmar su posición, refiérase a la cola de la aguja y confirme sobre el Radial que se encuentra.

4.4.9 Cursos

La forma de utilizar el VOR es por medio de la interceptación de cursos. El curso deseado se selecciona con el Selector de Curso del instrumento disponible, (RMI, HSI, etc). De tal forma que se puede seleccionar un curso para dirigirse a la estación o bien alejarse de ella. Al seleccionar un curso para alejarse del VOR, éste coincide con el Radial. Por el contrario, al seleccionar un curso para dirigirse al VOR, éste será el recíproco del Radial. **(Fig. 4- 10)**

Entonces, en acercamiento, el curso seleccionado es el recíproco del Radial. En alejamiento, Curso y Radial coinciden.

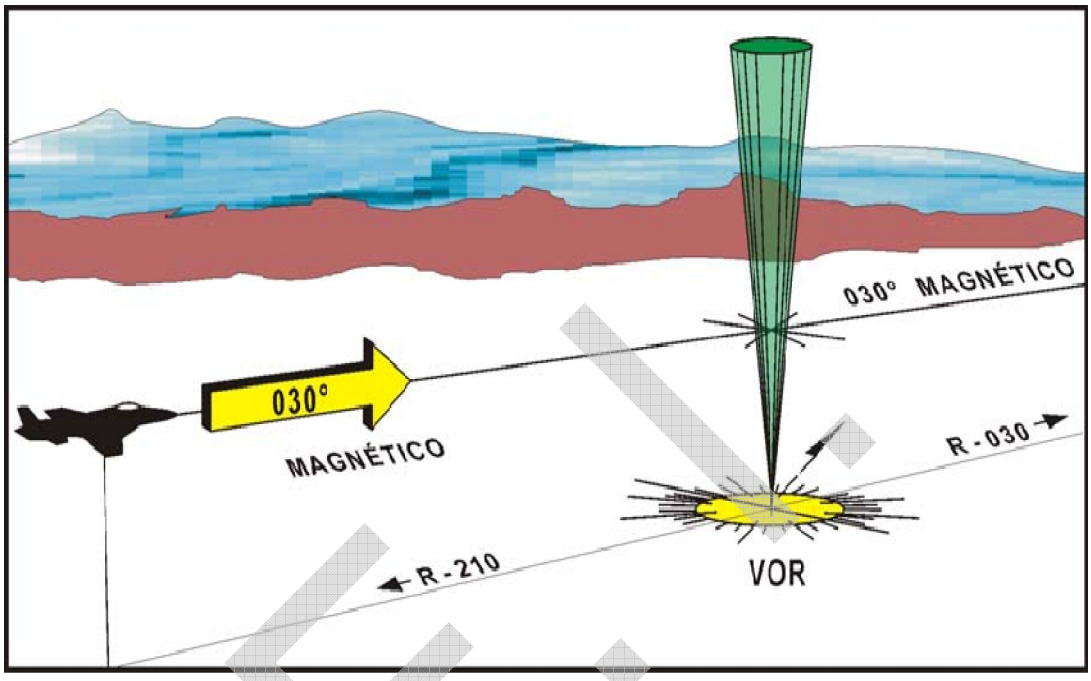


Figura 4-10

4.4.10 Componentes De Un Equipo V.O.R. En El Avión

4.4.10.1 Caja de Control

Refiérase al manual de su avión para detalles específicos.

4.4.10.2 Receptor VOR

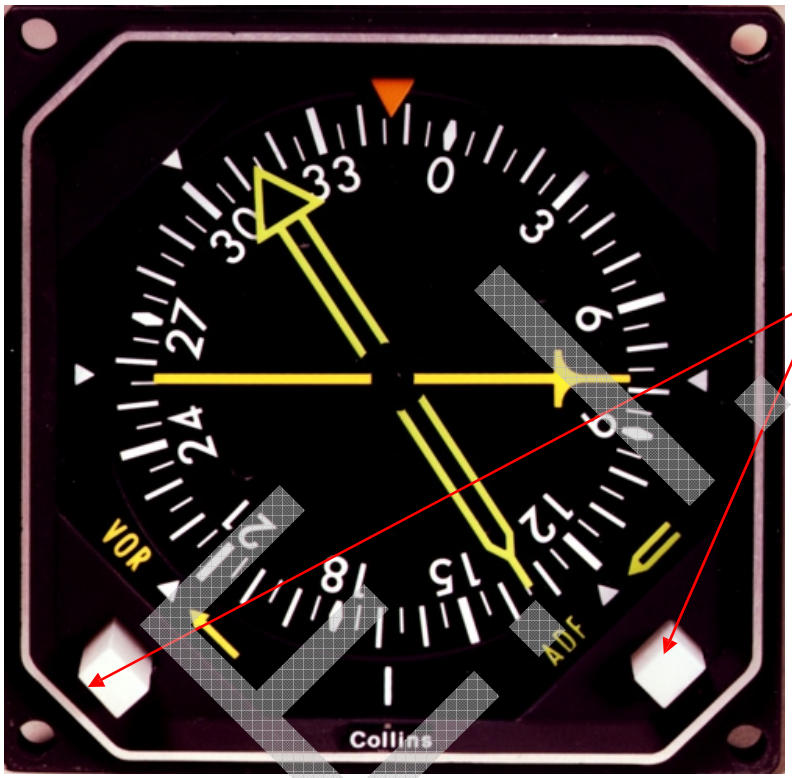
La función que desempeña el receptor VOR es medir la diferencia de fase entre las señales emitidas por la estación terrestre. Existen varios tipos de receptores pero básicamente todos tienen el mismo principio de funcionamiento.

4.4.10.3 Indicador Radio Magnético- RMI / Radio Magnetic Indicator

Es un indicador de rumbo, el cual por lo general, tiene incluido 2 agujas que indican hacia la estación que se seleccione, (ADF / VOR). Las agujas están conectadas directamente al o los equipos de navegación ADF y / o VOR a bordo, lo que da una información relativa de posición de la estación. **(Fig. 4- 11)**

B.E.

En el caso del VOR, la punta de la aguja nos indicará el Curso magnético hacia la estación y la cola siempre indica el Radial sobre el cual se encuentra el avión. El RMI funciona con corriente alterna.



RMI

Figura 4-11

4.4.10.4 Indicador de Situación Horizontal (HSI)

El indicador de situación horizontal muestra al piloto la posición del avión respecto a un curso seleccionado, mediante el indicador de desviación de curso (CDI). Existen algunos HSI que además poseen una aguja de curso que indica la dirección magnética desde el avión hacia la estación terrestre seleccionada. **(Fig. 4- 12)**

Figura 4-12

4.5 DISTANCE MEASUREMENT EQUIPMENT (D.M.E.)

4.5.1 Generalidades

El DME es un equipo que proporciona información de distancia en línea recta desde el avión hacia una estación seleccionada.

4.5.2 Prueba Del Equipo DME En Tierra

Refiérase al Manual de operación o al Manual de Fase de su unidad, para revisar el proceso de prueba del equipo a bordo de su aeronave.

Sin embargo, tome en consideración los siguientes puntos para efectuar la prueba, independiente del tipo de equipo que posea:

a) Encender el equipo VOR y el equipo DME, si corresponde, e identificar la señal Morse.

NOTA: La señal es idéntica a la que emana de la estación VOR, excepto que su tono es más agudo, se transmite cada 30 segundos (aproximadamente) y / o lo hace cada dos identificaciones de la estación de radionavegación a que está asociada.

b) Observar la distancia que aparece en el indicador DME y que ésta corresponda a la distancia que hay entre el avión y la estación (si es conocida)
El margen de error para la indicación es de ± 0.5 MN ó 3% de la distancia, lo que sea mayor.

4.5.3 Funcionamiento

Funciona en la banda de UHF (Ultra High Frequency). El sistema DME tiene un total de 126 canales transmisores-receptores. Las frecuencias de aire a tierra (DME) para estos canales se encuentran en el rango de 1025-1150 megaciclos. Las frecuencias afines de tierra a aire se encuentran en los rangos de 962-1024 megaciclos y 1151-1213 megaciclos. Los canales están espaciados a intervalos de 1 megaciclo en estas bandas.

La distancia es determinada por medio del equipo DME a bordo del avión, midiendo el tiempo transcurrido entre la transmisión de las pulsaciones de interrogación del equipo en el avión y la recepción de las pulsaciones de respuestas correspondientes de la estación de tierra. **(Fig. 4-13)**

El transmisor del avión comienza el proceso de interrogación, enviando las pulsaciones de interrogación de distancia a una frecuencia de repetición de pulsación.

Estas señales son captadas por el receptor de la estación en tierra. La estación de tierra activa entonces su transmisor, el cual envía las pulsaciones de respuesta de distancia. Estas pulsaciones requieren aproximadamente 12 microsegundos de ida y vuelta por milla náutica desde la estación de tierra.

Con el fin de facilitar la labor al piloto y hacer más eficiente la operación de la nave, algunos equipos entregan, además de distancia, información de velocidad terrestre y tiempo a la estación.

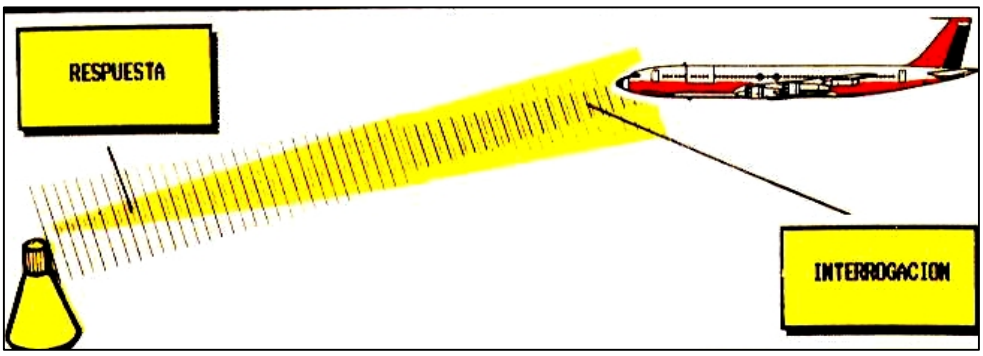


Figura 4-13

4.5.4 Equipo en tierra

El equipo en tierra consiste en una combinación de transmisor-receptor, y una antena de tipo giratorio para la transmisión de la información de distancia.

La estación se identifica auditivamente por medio de la clave Morse internacional, cada 30 segundos aproximadamente y lo hace cada dos identificaciones de la estación de Radionavegación VOR a que está asociado. Por lo general, la identificación del DME será idéntica a la del VOR al cual está asociado, pero con un tono más agudo.

De acuerdo a la altitud, las estaciones que funcionan en el mismo canal deberán estar separadas por distancias que impidan la interferencia entre ellas. Si un avión recibe dos estaciones en la misma frecuencia, la señal más fuerte predominará.

Esta señal, sin embargo, debe ser ocho veces más fuerte para poder predominar sobre la estación más débil. En un área de aproximadamente igual fuerza en la señal de dos estaciones que estén en la misma frecuencia, el equipo DME hace contacto primero con uno y después con el otro.

4.5.5 Equipo En El Avión

Un equipo de abordo está compuesto de:

Transmisor- Receptor. Es aquel que contiene los diferentes circuitos electrónicos para generar la señal de interrogación y recibir la respuesta de la estación y entregarla al indicador.

Como un gran número de aviones puede estar enviando pulsaciones de interrogación al mismo radiofaro, el equipo de abordo debe poder separar solamente las pulsaciones que son respuestas a sus propias interrogaciones. Las pulsaciones de interrogación son generadas en forma irregular y causadas por el equipo de abordo. Con la acción estroboscópica

(búsqueda), el equipo de abordo separa las respuestas sincronizadas a sus propias interrogaciones; es decir, las que tienen una demora fija o de poca variación.

Este proceso de búsqueda ocurre automáticamente siempre que el equipo se sintoniza a una nueva estación o cuando hay una interrupción grande en las señales de la estación, que pueden necesitar hasta 2 segundos para completarse. Esto dependerá de la distancia real entre el avión y la estación en ese momento.

Un circuito memorizador mantiene la misma indicación de distancia en el indicador de alcance y evita la repetición de la operación de búsqueda si la señal es interrumpida por menos de 10 segundos.

Indicador. Contiene los dígitos o números que irán indicando la distancia del avión a la estación terrestre DME. Además puede indicar Velocidad Terrestre y tiempo a la estación. El indicador puede ir solo o integrado a otro instrumento como el BDHI o el HSI. Refiérase al manual de su avión para más detalles. **(Fig. 4- 14 / 15)**

Figura 4-14

Figura 4-15

Antena. A través de ella son enviadas y recibidas las señales, tanto de interrogación como de respuesta. Algunas incorporan un elemento amplificador.

Unidad de Control. Normalmente el control del DME está asociado a la caja de control del VOR, aunque existen algunos aviones en los que el DME se selecciona con la caja de control del TACAN, (Tactical Air Navigation System).

4.5.6 Limitaciones del DME

- La información de distancia está sujeta a restricciones visuales. El equipo está diseñado para entregar una información confiable hasta un alcance de 196 millas náuticas, dependiendo de la altitud de Vuelo. A bajas altitudes, la distancia a la cual se puede recibir una estación se reduce considerablemente. La altitud del avión es entonces un factor que se debe considerar en la operación del DME. **(Fig. 4- 16)**

- La distancia se mide en un plano inclinado. Para fines prácticos, se puede considerar como la distancia horizontal, excepto cuando el avión está muy cerca de la estación. El margen de imprecisión para esta medición es de ± 0,5 millas náuticas o ± 3% de la distancia, lo que sea mayor.

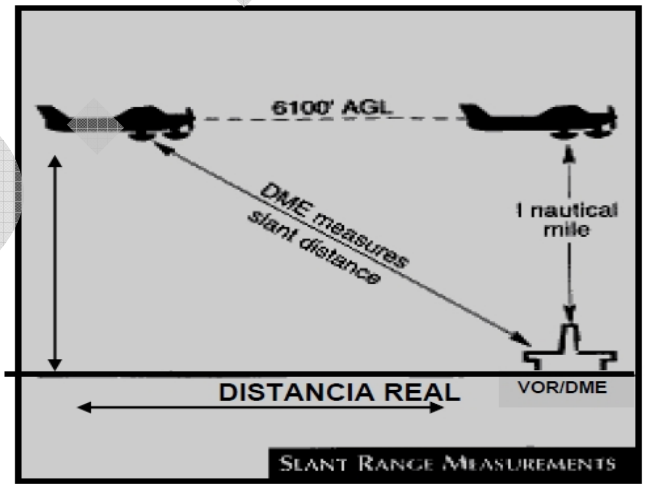


Figura 4-16

4.6 INSTRUMENT LANDING SYSTEM- (I.L.S.)

4.6.1 Generalidades

Este es un sistema de aproximación de precisión a través de señales electrónicas que proporciona al piloto un curso final y una trayectoria de aproximación hacia la pista.

4.6.2 Equipos Terrestres

Se compone de 2 transmisores direccionales y de tres (o menos) marcadores (marker beacons) a lo largo de la aproximación. Los transmisores se denominan localizador y el transmisor de senda de planeo (Glide Slope).

Operativamente podemos subdividir el sistema en:

- Información Guía: Localizador y transmisor de senda de planeo
- Información de distancia: Marcadores y/o DME
- Información Visual: Luces de aproximación, luces de centro de pista y punto de toque de ruedas, luces de pista.

El marcador exterior (OM) y medio (MM) pueden ir asociados a Radiofaros Localizadores de mayor alcance. Por otro lado, el OM puede ser sustituido por una distancia DME.

4.6.3 Prueba Del Equipo ILS

Refiérase al Manual de Vuelo de su aeronave o al Manual de Fase de su unidad, para confirmar la prueba que corresponde a su material de vuelo.

Si el equipo Marker Beacon es independiente, éste deberá ser probado separadamente.

4.6.3.1 Transmisores localizadores

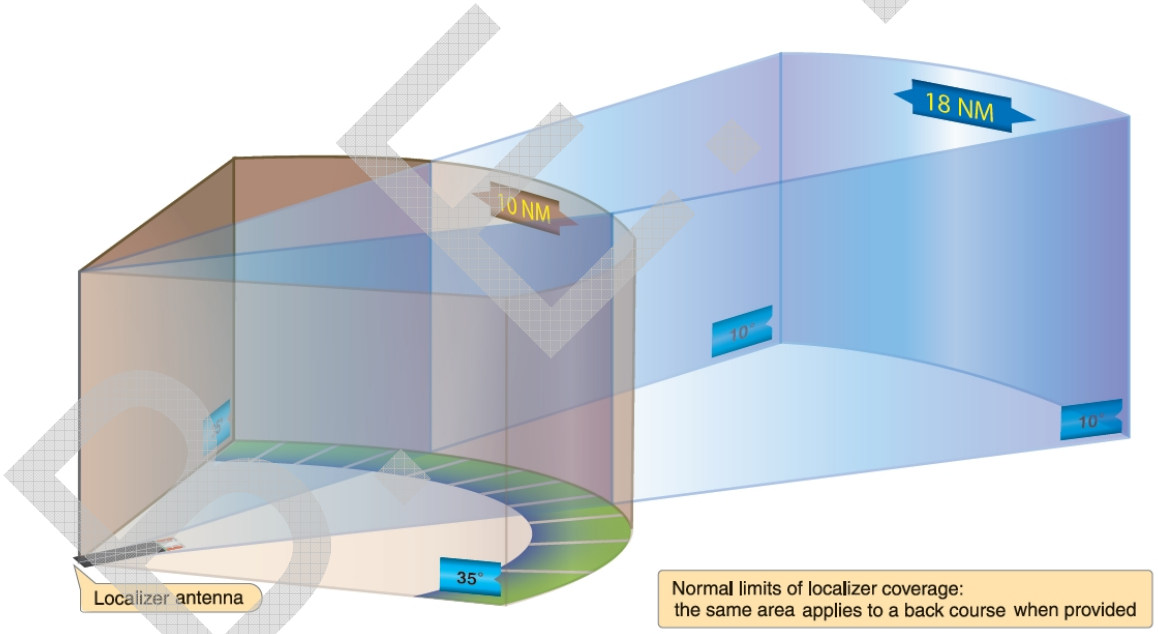
Están instalados aproximadamente 1.000 desde el cabezal correspondiente hacia el centro de pista y 300 pies hacia un lado del extremo de la pista, con la antena alineada con la línea central de la pista. El transmisor emite energía modulada de 90 y 150 ciclos en los lados opuestos de la línea central de la pista para suministrar información azimutal. La energía modulada de 150 ciclos está siempre a la derecha cuando se mira hacia la pista desde el marcador exterior. Esta área es conocida como sector azul. La energía modulada de 90 ciclos está a la izquierda y se conoce cono el sector amarillo. Las señales se traslapan en toda la línea

B.E.I.

central extendida de la pista. La línea central del área traslapada (potencia de señal igual) forma el curso. La línea de curso que se extiende desde el transmisor hacia la baliza exterior, se llama curso frontal. **(Fig. 4- 17)**

Algunos de los localizadores actuales emplean un segundo sistema de antena para cubrir 360 grados alrededor de la estación. Estas señales de curso también se traslapan en dirección contraria formando el curso posterior. Algunos procedimientos ILS establecidos emplean cursos posteriores; sin embargo, la información de trayectoria de planeo no estará disponible, por lo que se convierte en una aproximación NO PRECISA.

La salida de los transmisores localizadores se encuentra generalmente entre 10 y 12 Watts. Un transmisor confiable suministra una señal utilizable a una distancia de 18 millas, en una sección de 10º a cada lado de la línea del curso y 10 millas a 35° a cada lado. Esto dentro de una altura de 1.000 pies sobre la superficie de terreno más alta a lo largo de la línea de curso y



4500’ sobre la elevación del terreno donde se encuentra la antena.

Figura 4-17

Con los equipos receptores actualmente en uso, el piloto puede esperar recibir señales del transmisor localizador a una distancia de aproximadamente 40 millas a 5.000 pies u 80 millas a 10.000 pies.

Este equipo opera entre 108.10 megaciclos y 111.95 megaciclos. Todos los transmisores se encontrarán en una frecuencia de decimal impar (por ejemplo 110.3). Algunas instalaciones VOR usan la misma banda de frecuencia, pero emplean frecuencias de decimales pares (por ejemplo

110.6). El transmisor localizador transmite una identificación en clave morse en forma continua de la estación. La identificación de tres letras estará siempre precedida por la letra en clave "I" (·) para "ILS". Frecuentemente, esta identificación lleva las mismas letras que se usan para identificar una estación NDB o VOR que esté en el área inmediata. Algunas veces el trasmisor localizador puede tener transmisión radiotelefónica. La transmisión de las señales orales no afecta el patrón de señales de la línea de curso.

4.6.4 Transmisores de Trayectoria de Planeo

Están generalmente instalados a una distancia de 750 a 1250 pies del extremo de acercamiento de la pista. El lugar estará normalmente entre 250 y 650 pies de la línea central de la pista.

Al igual que el transmisor localizador, el transmisor de trayectoria de planeo irradia señales de 90 y 150 ciclos que se traslapan para formar una trayectoria de planeo y suministrar dirección en un plano vertical. La energía de 150 ciclos se transmite en la porción inferior de la trayectoria y la de 90 ciclos en la superior.

La salida normal del transmisor de trayectoria de planeo es de 10 a 12 watts con una salida máxima de 17 watts. Esta potencia debe ser suficiente para producir una señal utilizable a una distancia de 10 a 15 millas del transmisor en un sector de 8 grados a cada lado de la línea de rumbo del localizador. Además, a una altura de 1.000 pies sobre el terreno o la altitud de interceptación de la trayectoria de planeo, cualquiera de las dos que sea inferior.

La profundidad deseada del haz de trayectoria de planeo es de 1.4º. Sin embargo, esta profundidad puede variar de 0.8º a 1.5º. En una instalación típica, la profundidad del haz de la trayectoria de planeo sería de aproximadamente 1.0º ó 0.5º por encima y por debajo de la misma trayectoria. El ángulo de elevación de la trayectoria de planeo varía considerablemente entre instalaciones, dependiendo esto de las características del terreno del área circundante.

Idealmente el ángulo de proyección es de 3° sobre la horizontal, lo que da una altura sobre el cabezal de la pista de 200' en el MM y 1400' en el OM. El ángulo mínimo de la trayectoria de planeo es de 2º.

PRECAUCIÓN: En una aproximación de curso posterior, la indicación de trayectoria de planeo no es confiable, agregándose a esto que la banderola de alarma del instrumento no estará presente. Por este motivo no se debe considerar esta indicación durante la aproximación a menos que esté debidamente publicada en el correspondiente procedimiento.

El transmisor de trayectoria de planeo opera entre frecuencias de la banda (UHF) de 329.15 a 335.00 MHz. La mayoría de las cajas de control sintonizan automáticamente la trayectoria de planeo cuando se selecciona la frecuencia correspondiente del localizador. Por ejemplo: la frecuencia de 335.0 megaciclos se pre-sintoniza automáticamente cada vez que se selecciona una frecuencia de 110.3 megaciclos. En algunos aviones se requiere sintonización separada del receptor de trayectoria de planeo.

La señal proporciona información confiable hasta la DH publicada. Bajo ésta, la información no se considera como segura y se debe emplear ayudas visuales correspondientes a la pista. Razones de planeo publicadas sin DH, se consideran usables hasta el cabezal de la pista.

Los pilotos deben mantenerse alerta durante una aproximación, ya que cambios considerables de ángulo de trayectoria del avión con respecto a la publicada, puede producir cursos falsos o efecto reverso en los sensores de razón de planeo.

PRECAUCIÓN: Evite volar bajo la trayectoria de planeo a fin de mantener una separación segura sobre obstáculo / terreno.

En algunas aproximaciones aparece publicada la altura de cruce del umbral (TCH). Esta NO representa la altura que el avión cruzará sobre el umbral, y es utilizada sólo como referencia para efectos de planificación. Lo que indica realmente es la altura a que la antena receptora ILS del avión pasara sobre el umbral. Por lo tanto, se debe tener en consideración la diferencia de altura entre esta antena y el tren de aterrizaje, a fin de determinar la altura de cruce de las ruedas. Normalmente se considera una altura de cruce adecuada entre 20 a 30 pies dependiendo del avión.

4.6.5 DME

Cuando esta instalado con el ILS y especificado en la carta de aproximación correspondiente, debe ser utilizado de las siguientes formas:

- En lugar del O.M.
- Como FAF en una aproximación de curso posterior
- Para establecer otros puntos de chequeo en el curso del localizador

Por otro lado, cuando un DME de otra estación es asociado a una aproximación

ILS, debe ser utilizado como se indica:

- Indicaciones de arcos en los primeros segmentos de la aproximación
- Como FAF en una aproximación de curso posterior
- Como sustituto del OM Como FAF en una aproximación de curso posterior

4.6.6 Marcadores (MARKER BEACONS)

Se usan junto con el equipo ILS para presentar información de distancia y de punto fijo de referencia. Las ubicaciones de los marcadores se muestran en las cartas terminales ILS. Normalmente se instalan dos marcadores en el curso de acercamiento.

Los marcadores, con una potencia de 3 watts, transmiten en una frecuencia de 75 megaciclos y son dirigidas en el plano vertical produciendo una señal elíptica de aproximadamente 2400 pies de ancho por 4200 pies de largo a 1000 pies de altura. Algunos receptores instalados en el avión, tienen un selector de sensibilidad el que puede estar seleccionado, en "Low" o en "High", dependiendo de la recepción que requiera su avión durante la aproximación. A no ser que el Manual de su aeronave indique lo contrario, se sugiere que se seleccione en modo "H", para obtener la mayor sensibilidad del equipo.

Generalmente se encuentran 2 marcadores asociados con una aproximación ILS. El exterior (OM) y el medio (MM). En aeropuertos con ILS categoría II se encuentra además un marcador interno (IM). Cuando el avión pase sobre uno de estos marcadores, el piloto recibirá las siguientes indicaciones: **(Fig. 4- 18)**

MARCADOR	COD. MORSE	LUZ
OM	– – –	AZUL
MM	• - • -	ÁMBAR
IM	• • • •	BLANCA

Figura 4-18

- Marcador Exterior (OM): Está normalmente ubicado para ayudar a interceptar la trayectoria de planeo, dentro de ± 50 pies de la altitud establecida para los virajes de procedimiento y se

encuentra generalmente entre 4 y 7 millas del extremo de acercamiento de la pista ILS. **(Fig. 4- 19)**

- Marcador Medio (MM): Su ubicación varía de acuerdo con las características locales del terreno y con el ángulo de la trayectoria de planeo, pero se encuentra normalmente entre ½ y ¾ de milla del extremo de acercamiento de la pista. Usualmente intercepta la trayectoria de planeo a una altura de 200 pies sobre el terreno. **(Fig. 4- 19)**
- Marcador Interno (IM): está ubicado entre el marcador medio y el umbral de la pista. Este indicador marca el final de la trayectoria de planeo donde se alcanza la DA. **(Fig. 4- 19)**

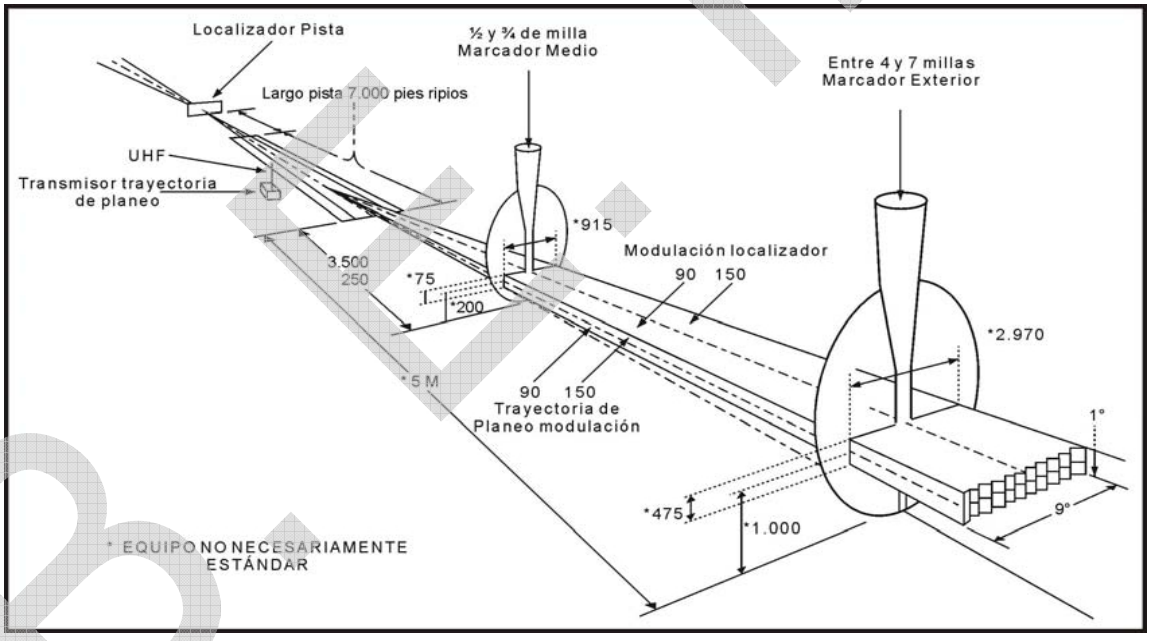


Figura 4-19

4.6.7 Radiofaros Localizadores (Compass Locator)

Son instalaciones transmisoras separadas de los marcadores, pero están ubicadas en el mismo lugar (OM o MM). Son radiofaros no direccionales (NDB), que operan entre

190 y 535 Khz. Generalmente tienen una salida de 25 watts, pudiendo ser más potentes y llegando hasta 400 watts. Son utilizados como OM y como medio de difusión de información meteorológica del aeropuerto.

4.6.8 Mínimos I.L.S.

La altitud mínima de una aproximación ILS es determinada basándose en los equipos en tierra, en el avión y en la certificación de las tripulaciones, existiendo las siguientes categorías:

- Categoría **I:** DH 200 pies, rango de visibilidad de pista (RVR) 2400 pies. Si la pista consta de luces de toque de ruedas y de centro de pista RVR, baja a 1800 pies.

- Categoría **II:** DH 100 pies y RVR 1200 pies.

- Categoría **IIIA:** Sin DH o DH bajo 100 pies y RVR no menor a 700 pies.

- Categoría **IIIB:** Sin DH o DH bajo 50 pies y RVR menor a 700 pies pero no inferior a 150 pies.

- Categoría **IIIC:** Sin DH o RVR mínimos.

4.6.9 Equipos en el Avión

Los aviones de la Fuerza Aérea están equipados con diversos tipos de receptores, por lo que se debe consultar el Manual específico para cada avión.

4.6.9.1 Caja de Control

La caja de control para ILS es la misma que se usa para VOR. El receptor de trayectoria de planeo se sintoniza automáticamente a la frecuencia apropiada siempre que se seleccione la frecuencia del localizador en la ventana de frecuencia.

4.6.10 Componentes I.L.S. Inoperativos

A continuación se presentan las condiciones o limitantes que produce la falla o ausencia de una u otra antena del sistema:

- Con el localizador inoperativo la aproximación ILS no se puede realizar.

- Con transmisor de trayectoria de planeo inoperativo, la aproximación pasa a convertirse en una aproximación solo con

R.E.I.

interceptación del localizador, por lo que se puede ejecutar como aproximación NO precisa.

4.6.11 Errores Del Sistema I.L.S.

Tanto el transmisor de trayectoria de planeo como el localizador, están expuestos al mismo tipo de cambios producidos por impactos de elementos externos (vehículos, ala de un avión, trabajador, etc.) y ondas electromagnéticas.

4.6.11.1 Interferencia

Aviones y vehículos terrestres operando en las cercanías de los transmisores de trayectoria de planeo o del localizador, e incluso aviones volando bajo 5000 pies AGL, pueden interrumpir la señal a un avión en aproximación.

Por este motivo, en los aeropuertos se han establecido "Áreas Críticas ILS" cercanas a estos transmisores.

El servicio ATC por medio de la torre de control, determina la activación de estas áreas críticas, restringiendo las operaciones terrestres y aéreas, para lo cual considera dos factores preponderantes:

- Condiciones meteorológicas de visibilidad y techo
- Categoría de la aproximación que está realizando el avión

Generalmente las pistas tienen demarcado, en las calles de rodaje, las zonas críticas de ILS y para los aviones en vuelo se restringe las altitudes de cruce o circuitos de espera por sobre los 5000 pies AGL. **(Fig. 4- 20)**

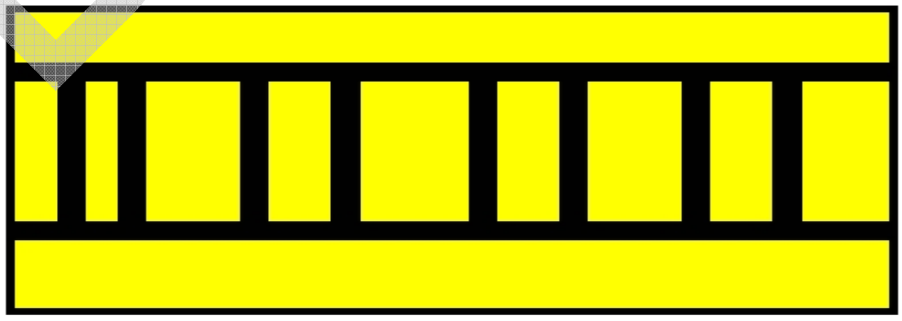


Figura 4-20

4.6.11.2 Trayectorias de Planeo Falsas

Además de transmitir una trayectoria determinada, por diseño, las estaciones emiten cursos adicionales a mayores ángulos verticales. El menor ángulo a que se puede recibir una trayectoria falsa va de 9° a 12°. En un avión volando a una altura constante en proceso de captura del glide slope, se podrá ver movimientos erráticos del indicador de razón de planeo, además de movimientos de la banderola de aviso, a medida que pasa por estas trayectorias falsas. Interceptar una de esas trayectorias falsas puede provocar confusión por movimiento inverso del indicador de trayectoria de planeo y/o por una razón de descenso muy alta.

4.6.11.3 Marker Beacons

La dirección de la antena y el bajo poder de transmisión de los marcadores de posición, asegura que la señal será recibida solo cuando el avión se encuentre sobre ellos. Problemas de recepción de la señal normalmente se producen por no encendido o mal ajuste del equipo en el avión.

Algunos receptores de marcadores están relacionados a otro equipo como un ADF y requieren que esté encendido para su operación.

Otro factor es el adecuado mantenimiento y ajuste del receptor del avión; el piloto no tiene la posibilidad de comprobar si está bien instalado e indicará la pasada exactamente vertical al marcador. El switch TEST sólo confirma el correcto funcionamiento de las ampolletas de las luces indicadoras.

4.7 SISTEMAS DE LUCES DE APROXIMACIÓN Y DE PISTA

4.7.1 Approach Lighting System (A.L.S.)

Una aproximación por instrumentos a un aeródromo, se puede dividir en 2 etapas distintas: La aproximación instrumental, donde se usa solamente guía de equipos de radio, y la etapa visual, en la cual se debe lograr contacto visual con el terreno. Las ayudas son utilizadas para terminar la aproximación en forma precisa y segura.

La parte más crítica en una aproximación, sobre todo con condiciones de baja visibilidad / nubosidad, es el punto donde el piloto debe decidir si continuar con el aterrizaje o efectuar una frustrada.

Al aproximarse al umbral de la pista, la aproximación visual se debe basar en las luces de aproximación y de toque de ruedas, si es que posee este tipo de luces.

Las luces de aproximación tienen como finalidad proporcionar al piloto unas señales luminosas de suficiente precisión e intensidad que, penetrando las nubes, permitan reconocer la distancia a la pista, dirección y senda de descenso.

No existe un sistema de luces de aproximación único, lo que indudablemente es una desventaja para el piloto, obligando a éste a conocer el sistema de luces de un aeródromo para poder interpretar correctamente un lenguaje expresado por ellas. **(Fig. 4- 21)**

Peor aún, en ocasiones UD. podrá encontrarse con aeródromos que presentan la combinación de 2 o más sistemas, de acuerdo a las necesidades particulares del mismo. **(Fig. 4- 22)**

Adicionalmente, UD. podría encontrarse con sistemas únicos, que fueron diseñados específicamente para aeródromos en el continente europeo. **(Fig. 4- 23)**

Muchas pistas tienen sistemas que le permiten al controlador graduar la intensidad de las luces, para diferentes condiciones de visibilidad o a requerimiento del piloto.

Al reverso de la hoja de cada aproximación aparece especificado el sistema de luces de la pista del aeródromo correspondiente.

La mayoría de los sistemas de luces de aproximación tienen sistemas equivalentes los cuales deben cumplir con ciertos requisitos y características.

Representación gráfica de los distintos sistemas de luces de aproximación en el reverso de cada carta de aproximación:

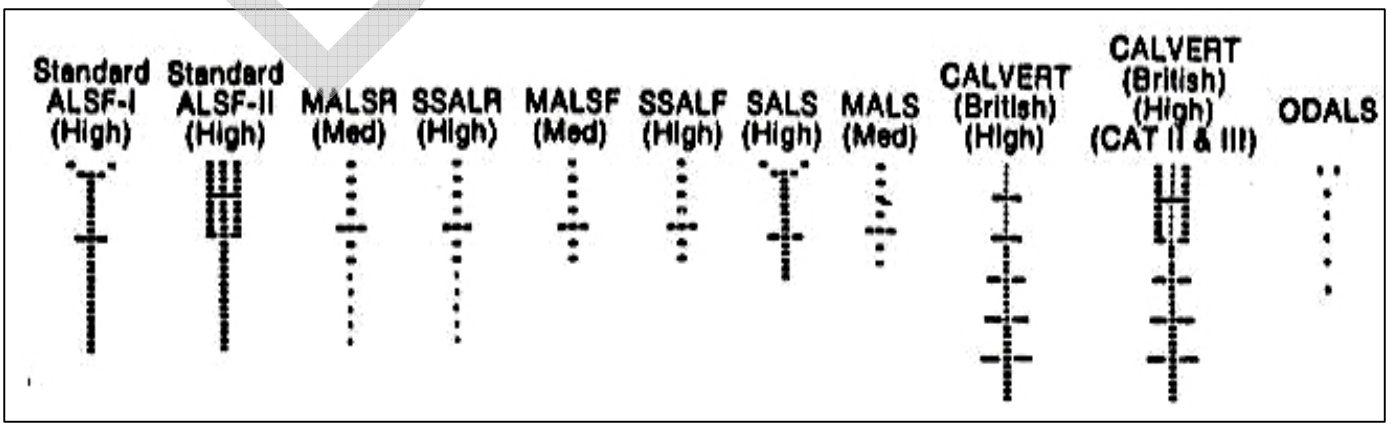


Figura 4-21

B.E.I.

- **ALSF:** APPROACH LIGHTING SYSTEM WITH SEQUENCED FLASHING LIGHTS
- **MALSR:** MEDIUM INTENSITY APPROACH LIGHT SYSTEM WITH RWY ALIGNMENT INDICATOR LIGHTS
- **SSALR:** SIMPLIFIED SHORT APPROACH LIGHTING SYSTEM WITH RWY ALIGNMENT INDICATOR LIGHTS
- **MALSF:** MEDIUM INTENSITY APPROACH LIGHT SYSTEM WITH SEQUENCED FLASHING LIGHTS (AND RWY ALIGNMENT)
- **SSALF:** SIMPLIFIED SHORT APPROACH LIGHTING SYSTEM WITH SEQUENCED FLASHING LIGHTS
- **SALS:** SHORT APPROACH LIGHTING SYSTEM
- **MALS:** MEDIUM APPROACH LIGHTING SYSTEM
- **ODALS:** OMNIDIRECTIONAL APPROACH LIGHT SYSTEM

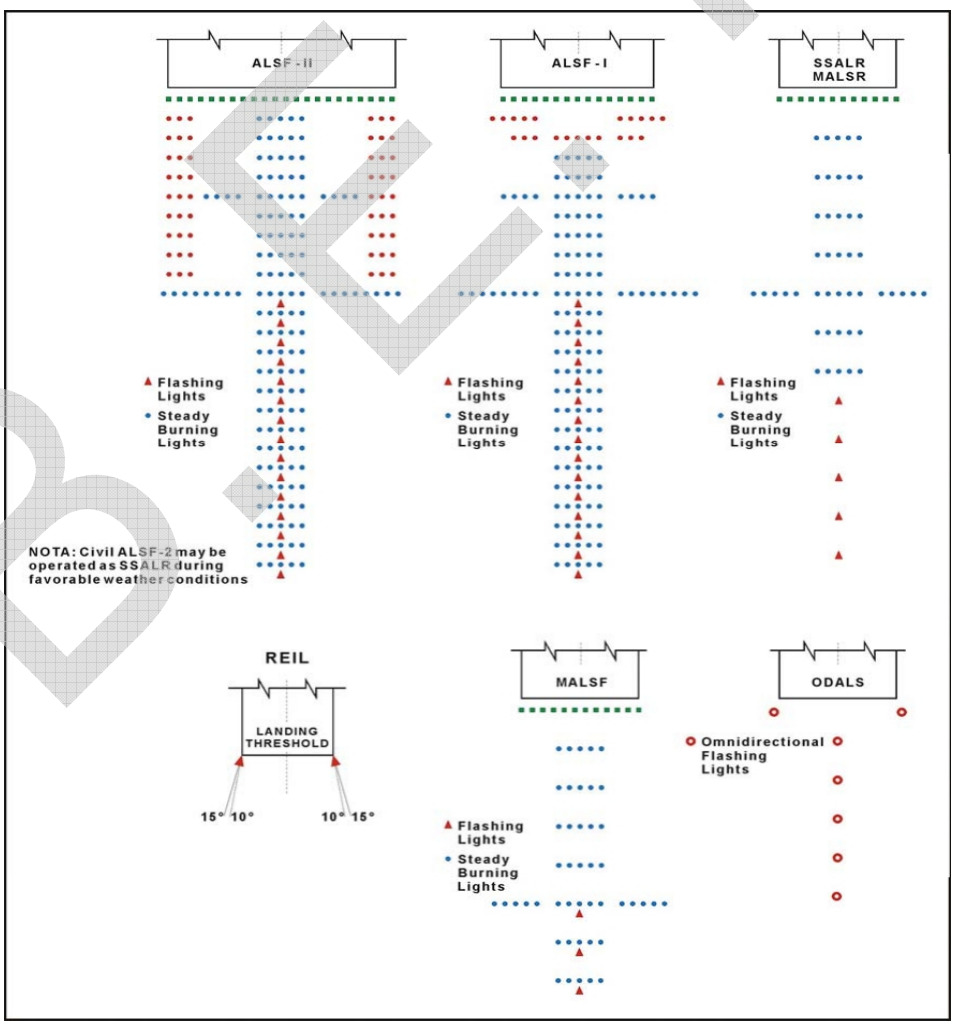


Figura 4-22

B.E.I.

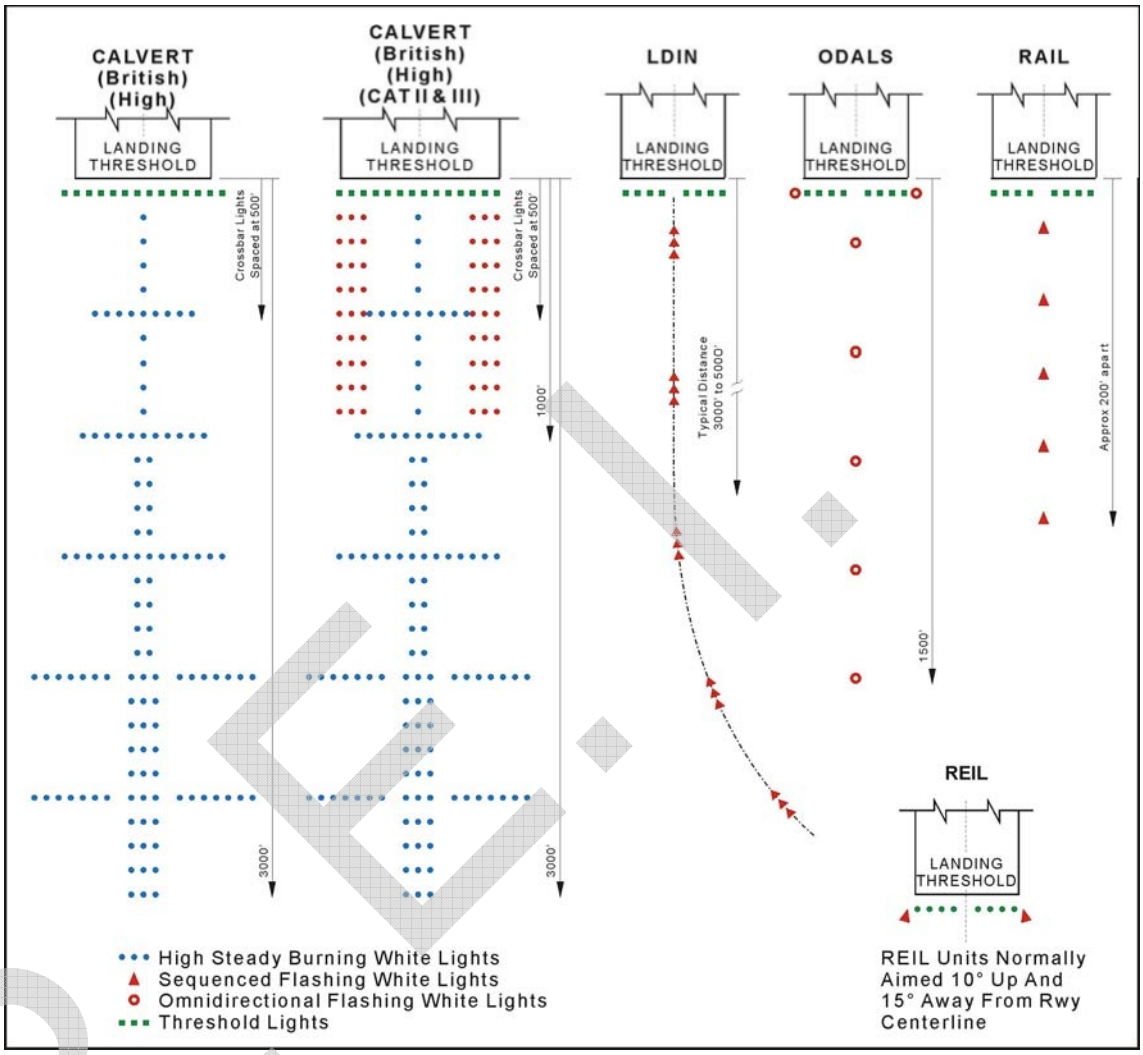


Figura 4-23

4.7.2 Visual Approach System Indicator (V.A.S.I.)

El sistema VASI provee al piloto, una indicación visual de trayectoria de aproximación, basándose en dos colores. Aproximar con este sistema es simple, pues el piloto debe a mirar a través del parabrisas de su aeronave e interpretar lo que este le indique para adoptar la trayectoria de aproximación más adecuada.

El principio de este sistema es similar al del ILS, con la diferencia que la indicación del ILS es electrónica.

Este sistema emite una señal luminosa graduada entre 2,5 a 3º con respecto a la pista, pudiendo llegar hasta un máximo de 4,5°. Su utilización permite mantener una trayectoria de aproximación cómoda y para dar un

paso seguro sobre obstáculos. La trayectoria de aproximación de este sistema, generalmente coincide con la del ILS. Si no fuera así, estará indicado en la cartilla de aproximaciones correspondiente.

El piloto puede emplear este sistema tanto de día como de noche y es aplicable a cualquier aeronave, ya que no requiere de un equipo especial a bordo. Si durante la aproximación visual a la pista, la trayectoria de aproximación del sistema es mantenida, podemos prever que nuestro aterrizaje será seguro y el toque de ruedas será en la zona delimitada para ello. Los pilotos de aviones de altas performances deben considerar que un ángulo de aproximación superior a los 3,5° provoca un aumento de la carrera de aterrizaje.

Este sistema puede estar compuesto de cuatro luces en forma de barra, puestas a un lado de la pista o a cada lado de ésta. También existen configuraciones con más barras o luces para brindar un ángulo de aproximación superior para aviones de cabina alta, permitiendo el paso sobre el umbral a una altura segura. Cada barra tiene en su parte superior luces de color blanco y en la parte inferior rojas y la combinación de estos colores será nuestra indicación de estar o no en trayectoria. **(Fig. 4-24)**

El sistema VASI debe emplearse en condiciones visuales solamente. Cuando la barra más cercana comience a cambiar de color rojo a blanco empiece el descenso, de tal manera que se mantenga en todo momento la barra más cercana de color blanco y la más lejana, color rojo. Este será nuestro indicativo de que estamos en trayectoria. Si ambas barras estuvieran de color rojo, significaría que estamos bajo la trayectoria y deberíamos disminuir la razón de descenso para alcanzarla. Por el contrario, si ambas estuvieran de color blanco, estaríamos altos, para lo cual deberíamos aumentar la razón de descenso para alcanzar la trayectoria correcta.

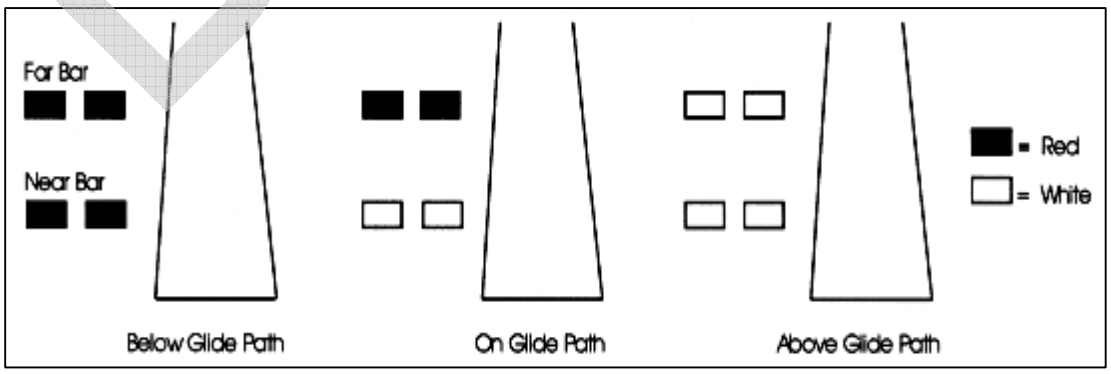


Figura 4-24

4.7.3 Precision Approach Path Indicator (P.A.P.I.)

El sistema provee una pendiente de descenso, basándose en indicativos visuales generados en tierra. Al igual que el VASI, su alcance diurno y nocturno en VMC es de 5 y 20 MN respectivamente, y su ángulo de elevación es ajustado a los requerimientos operacionales y / o de franqueamiento de obstáculos. Existe un ángulo de (1/3º) entre cada una de las cinco trayectorias. **(Fig. 4- 25)**

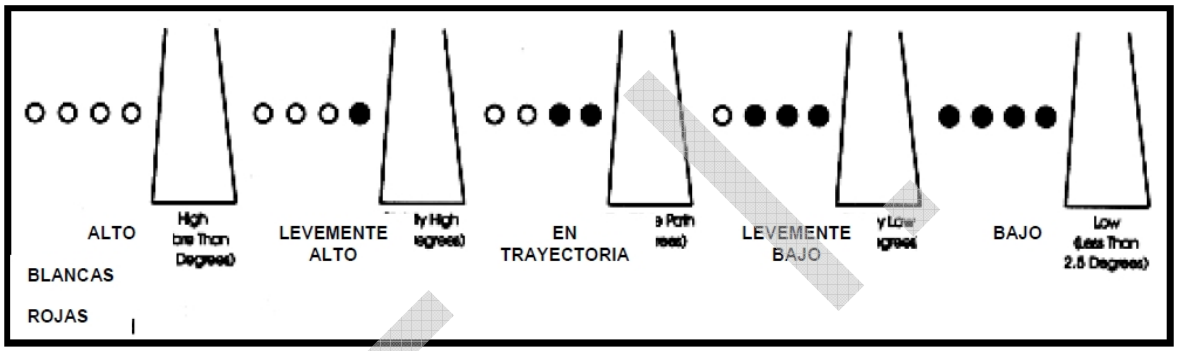


Figura 4-25

4.7.4 Indicador de Trayectoria Tricolor

Este sistema está compuesto por una unidad de luz que proyecta 3 colores y es ubicada a un costado de la pista. Tiene un alcance visual útil de ½ a 1 milla diurno y hasta 5 millas nocturno, dependiendo de las condiciones de visibilidad. La indicación es roja bajo la trayectoria, ámbar sobre ésta y verde en trayectoria. **(Fig. 4- 26)**

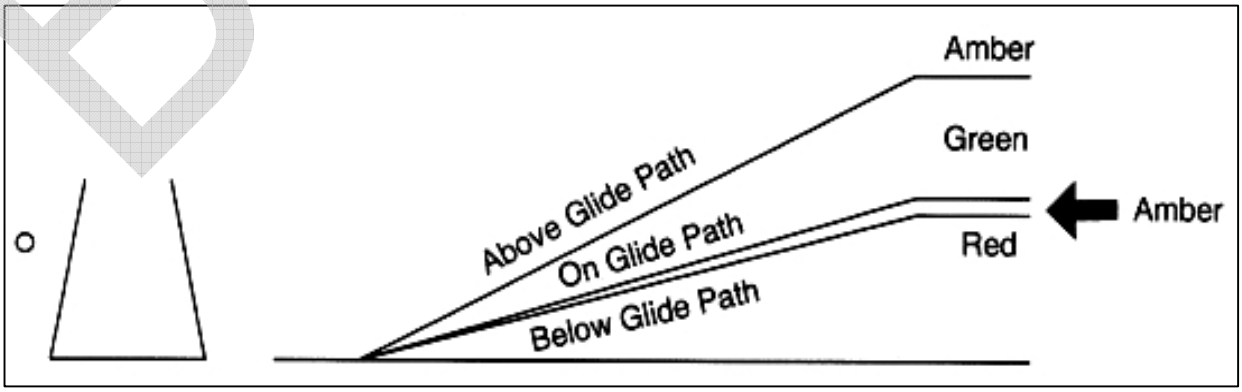


Figura 4-26

NOTA: Considerando que este sistema se basa en la información de solo una fuente de luz, puede ser confundida por otras fuentes.

Cuando el avión desciende de verde a rojo, se puede apreciar un color ámbar oscuro durante la transición de colores.

4.7.5 Pulse Visual Approach System Indicator (P.V.A.S.I.)

Consiste en una fuente de luz ubicada a un costado de pista que emite 2 colores. La indicación en trayectoria es una luz blanca y fija, un poco bajo la trayectoria la luz es roja fija. Definitivamente bajo la trayectoria la luz roja se pone intermitente (Pulsos). Por otro lado, definitivamente sobre la trayectoria, la luz blanca se pone intermitente. **(Fig. 4- 27)**

La razón de pulsos se acelera al alejarse más de la trayectoria. La distancia de uso efectivo de este sistema es de alrededor de 4 millas de día y hasta 10 millas de noche.

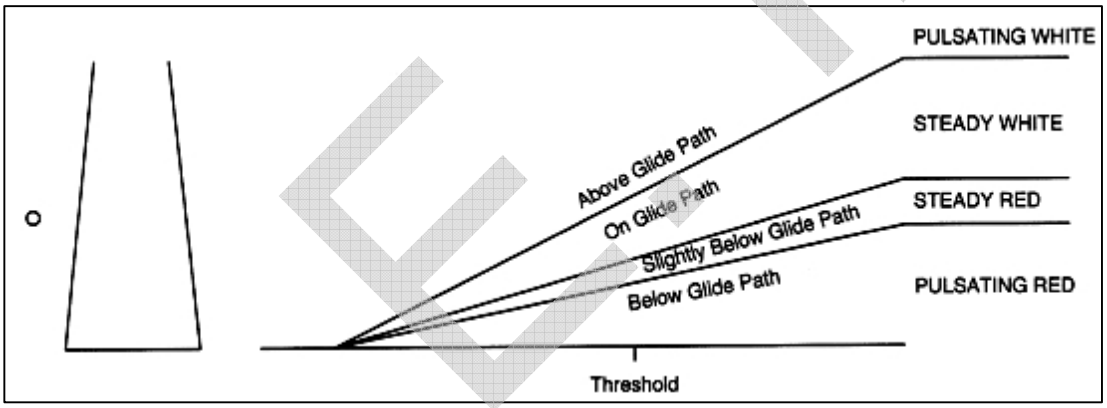


Figura 4-27

NOTA: Considerando que la fuente de luz es una sola, ésta puede ser confundida con otras fuentes. Los pilotos deben estar atentos a este posible efecto.

4.7.6 Indicador de trayectoria por alineamiento de elementos

Este sistema es ubicado generalmente en aeropuertos pequeños y consiste en paneles pintados blanco y negro o naranjo fluorescente. Algunos tienen luces para su uso nocturno. La distancia de uso útil es de aproximadamente ¾ de milla. El piloto debe colocar el avión de tal forma que permita ver los paneles alineados. **(Fig. 4-28)**

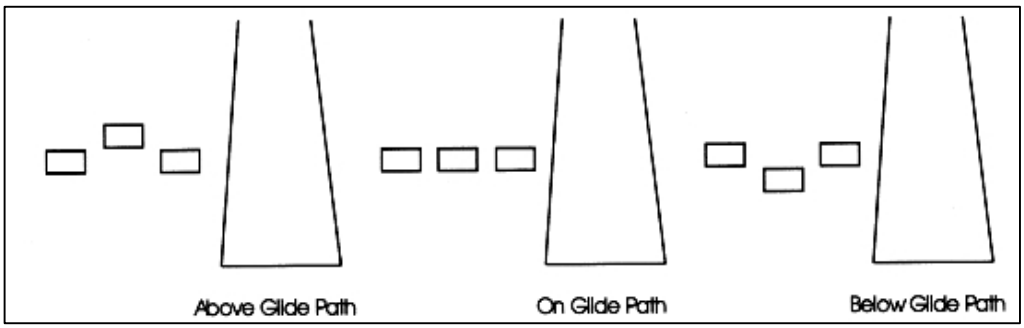


Figura 4-28

4.7.7 Runway End Identifier Lights (R.E.I.L.)

Las REIL son instaladas en los aeropuertos con la finalidad de proveer a las tripulaciones una identificación rápida y positiva del fin de pista. El sistema consiste en un par de luces sincronizadas e intermitentes puestas a cada lado del cabezal de la pista.

Las luces que marcan el fin de pista emiten luz roja para indicar el fin de pista a un avión despegando y emiten verde hacia fuera de la pista para indicar el principio de pista para un avión aterrizando. **(Fig. 4- 29)**

Este sistema puede ser omnidireccional o unidireccional hacia el área de aproximación y son útiles para identificar una pista rodeada de otros sistemas de iluminación, con poco contraste con el terreno que lo rodea y/o en condiciones de baja visibilidad.

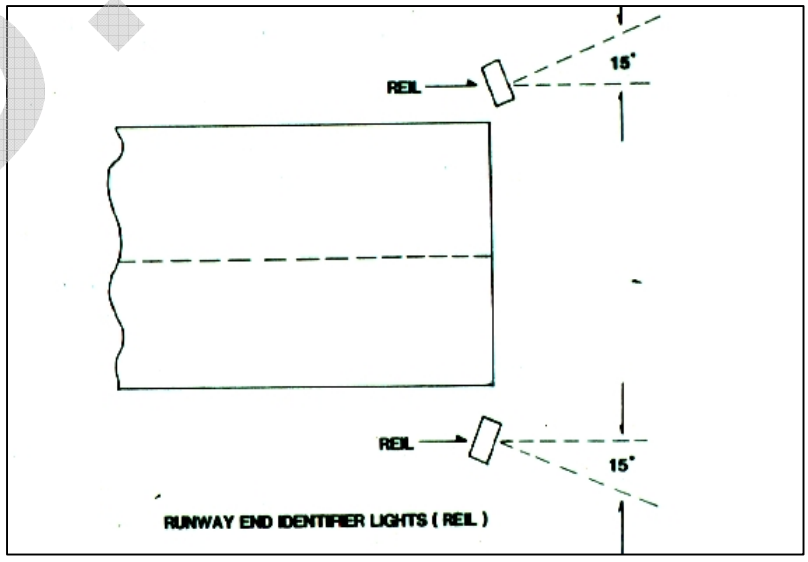


Figura 4-29

4.7.8 Sistemas de Iluminación de Borde de Pista

Son las luces que demarcan los límites laterales de una pista en condiciones de baja visibilidad o nocturno. Estos sistemas son clasificados dependiendo de la intensidad o el brillo que las luces pueden producir:

- HILR: High Intensity Runway Lights
- MIRL: Medium Intensity Runway Lights
- LIRL: Low Intensity Runway Lights

Las HILR y MIRL tienen controles de intensidad variables. Las LIRL generalmente son fijas.

Estas luces son blancas, con la excepción de las ubicadas en pistas instrumentales, donde cambian a naranja en los últimos 2000 pies o desde el centro de pista, lo que sea menor, con el objetivo de indicar una zona de precaución para los aterrizajes.

4.7.9 Sistema de Iluminación Interior de Pista

4.7.9.1 Runway Center Lighting System (R.C.L.S.)

Son instaladas en pistas con aproximaciones de precisión, con el fin de facilitar el aterrizaje durante operaciones con visibilidad restringida. Van espaciadas cada 50 pies. Mirando desde el umbral, se puede apreciar que las luces son blancas hasta los últimos 3000, pies donde comienzan a alternarse con luces rojas durante los siguientes 2000 pies. Los últimos 1000 pies están provistos con luces rojas. **(Fig. 4- 30)**

4.7.9.2 Touch Down Zone Lights (T.D.Z.L.)

Están instaladas en algunos aeropuertos con aproximaciones de precisión y su finalidad es indicar la zona de toque de ruedas bajo condiciones adversas de visibilidad. Estas consisten en 2 líneas de barras transversales puestas simétricamente desde el centro de pista. Estas barras se extienden desde 100 pies al interior del cabezal de aterrizaje y hasta 3000 pies o centro de pista, el que sea menor. **(Fig. 4- 30)**

4.7.9.3 Luces de Inicio de Calle de Rodaje

Estas luces se extienden desde el centro de pista hacia el centro de la calle de rodaje correspondiente con la finalidad de hacer más eficiente el abandono de pista. Estas luces van alternadas verde y amarillo hasta el punto de espera para el despegue o hasta la zona critica del ILS.

4.7.9.4 Luces de Aterrizaje y Mantener

Estas son utilizadas en aeropuertos con certificación L.A.H.S.O. (Land and Hold Short Operations) y serán encendidas sólo cuando el LAHSO este activado. Consiste en una línea de luces blancas intermitentes que están ubicadas en el punto de mantención.

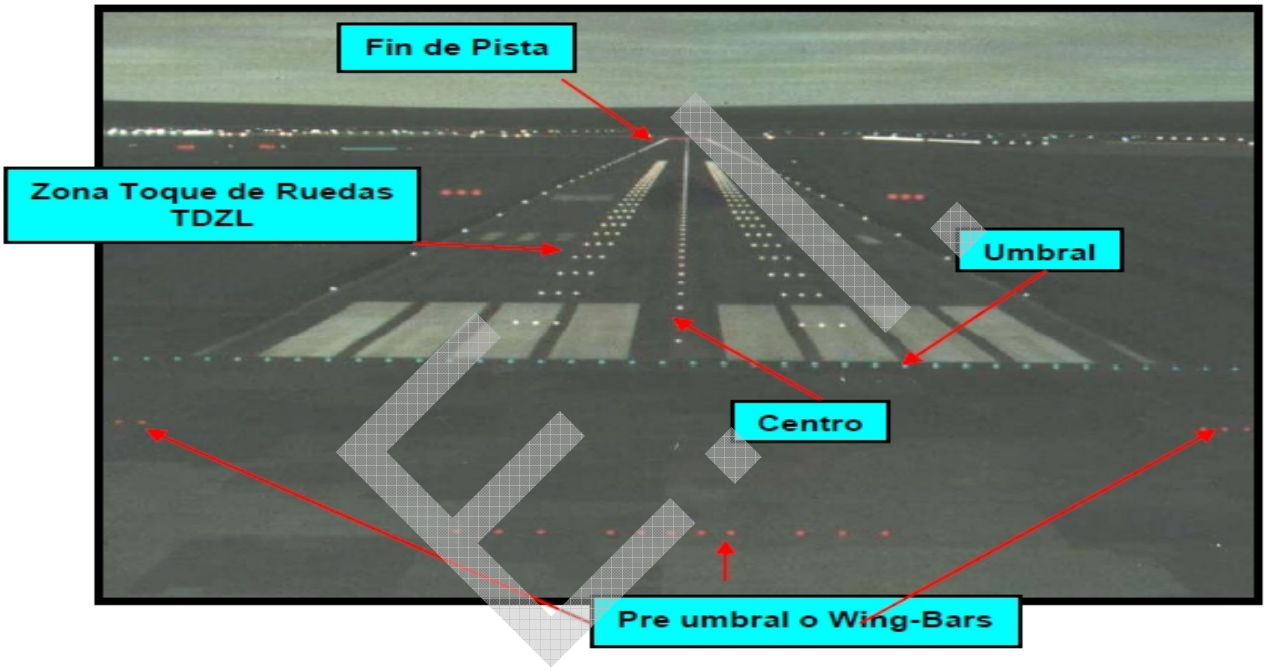


Figura 4-30

4.8 RADAR

4.8.1 Principio de Funcionamiento

El principio básico del Radar puede resumirse en una sola palabra: REFLEXIÓN DE ONDAS. Un eco es una simple demostración de la REFLEXIÓN de las ondas. Una onda radiada golpea una superficie reflectante y es devuelta a su punto de origen.

El tiempo de demora entre la onda original y su eco es directamente proporcional a la distancia que la onda debe viajar.

El mejor medio de presentar el regreso del Eco es usar una pantalla de rayos catódicos, generalmente llamados “Scopes” (pantalla de rayos catódicos). Con este tipo de presentación, el objeto (aeronave), que

refleja la onda, aparece como un "Blip" (cresta) en la pantalla. El controlador de Radar determina la posición del objeto, a través de interpretaciones (lecturas) en la pantalla.

4.8.2 Componentes Básicos

Para efectos de control del tránsito aéreo, el radar es utilizado para proporcionar información continua de distancia, ubicación geográfica y, eventualmente, altitud de los blancos que presentan las aeronaves, dependiendo si cuentan o no con el equipo necesario a bordo y el ATC cuenta con un radar secundario.

Para presentar esta información, el sistema debe ser capaz de:

- Transmitir la energía requerida.
- Recibir aquella energía que sea reflejada.
- Presentar la información procesada en el indicador.

Ahora bien, para que el sistema radar pueda cumplir con los requisitos anteriores, debe contar con los siguientes componentes fundamentales:

a) Sincronizador.
b) Modulador.
c) Transmisor.
d) Antena.
e) Sistema TR (TR Switch)
f) Receptor.
g) Pantalla.
h) MTI

El MTI es un componente adicional que proporciona información solamente de blancos móviles, cuya velocidad es superior a 13 kts. La limitación que produce este componente, es que el radar queda susceptible a velocidades de cancelación comúnmente llamadas "velocidades ciegas". Este fenómeno causa una pérdida momentánea del objetivo.

Debido a lo largo de la onda corta usada por el radar, las gotas de lluvia, la nieve y similares producen pantallas borrosas (scope clutter). Esto hace difícil la interpretación de la pantalla durante lluvias y otras precipitaciones intensas. Los últimos radares incluyen la polarización circular, que es un método ocupado para aumentar o eliminar ecos de precipitación. El controlador de radar usa este método cada vez que existe la posibilidad de perder el blanco por poca claridad de la pantalla.

B.E.I.

4.8.3 Tipos de Radar

Básicamente tenemos cuatro tipos de radar: Vigilancia en Ruta, Vigilancia de Aeropuerto, Secundario y el de Precisión. Los dos primeros escanean el espacio en 360°. (Fig. 4- 31)

4.8.3.1 Radar de Vigilancia de Ruta / AIR ROUTE SURVEILLANCE RADAR (A.R.S.R.)

El ARSR es un radar de largo alcance que es utilizado para el control del espacio aéreo en ruta entre áreas terminales. En algunos casos pueden ser utilizados como ASR en caso de falla de éste, pero con ciertas limitaciones.

4.8.3.2 Radar de Vigilancia de Aeropuerto / AIRPORT SURVEILLANCE RADAR (A.S.R.)

Está diseñado para entregar información a corta distancia alrededor de un área terminal. Su uso es para el ordenamiento de aeronaves dentro de ésta, basándose en la información precisa de posición de aeronaves que entrega al controlador a través de la pantalla (PPI). También puede ser utilizado como ayuda a una aproximación instrumental.

4.8.3.3 Radar de Precisión o PAR (Precisión Approach Radar)

Este radar esta diseñado más que para servir de separador de tráficos, como ayuda para el aterrizaje. El equipo PAR es utilizado como equipo primario en una aproximación para el aterrizaje o para monitorear otros tipos de aproximaciones. Éste entrega al controlador información de azimut, distancia y elevación.

Es necesario hacer notar que este tipo de radar es notablemente superior a un radar de vigilancia, lo que permite efectuar aproximaciones hasta con visibilidad cero, pudiendo la aeronave tocar ruedas mediante instrucciones adecuadas de tierra y sin que el piloto tenga la pista a la vista. Eso si, contando con sistema de luces de aproximación de pista, para mantener la dirección después de tocar ruedas.

El equipo está compuesto por 2 antenas las que escanean el plano vertical y horizontal respectivamente. El alcance del radar es de 10 millas con una azimut de 20° y elevación de 7°; sin embargo, su uso esta limitado sólo al área de aproximación final. La pantalla de presentación al controlador está dividida en 2 partes. La superior presenta información de altitud y distancia. La inferior presenta azimut y distancia.

B.F.I.

4.8.3.4 Radar Secundario / Air Traffic Control Radar Beacon System (A.T.C.R.B.S.)

Este radar es llamado secundario ya que es acoplado a uno primario o de vigilancia. Su objetivo es ayudar a la localización e identificación de las aeronaves y consiste en tres componentes principales:

4.8.3.4.1 Interrogador

El radar primario entrega información en pantalla como blancos. El radar interrogador o secundario, va sincronizado con éste y su función es transmitir señales de radio repetidamente, interrogando los equipos respondedores a bordo de las aeronaves. Estas respuestas llegan junto con la señal primaria presentándose ambas en la pantalla.

4.8.3.4.2 Transponder

Es el radar receptor-transmisor ubicado en el avión. Automáticamente recibe las señales del interrogador y responde en forma selectiva con un grupo de pulsos específicos (código). Responde sólo a las interrogaciones hechas en el modo que esta seleccionado el equipo. Estas respuestas son totalmente independientes y mucho más potentes que la señal de retorno del radar primario.

4.8.3.4.3 Pantalla de Radar (radarscope)

Esta muestra al controlador los retornos del radar primario y del ATCRBS (secundario). Esos retornos llamados blancos, son los que usa el controlador para la separación de tráficos.

El interpretar blancos basándose solo en el radar primario es un trabajo tedioso y extenuante para el controlador. Algunas de las ventajas del uso del ATCRBS son:

- Refuerzo de los blancos de radar
- Identificación rápida de blancos
- Posibilidad de tener en pantalla sólo los códigos seleccionados

Otra parte del equipo en tierra es un codificador terrestre que permite al controlador asignar un código transponder a los aviones bajo su control, basado en información computacional que se actualiza automáticamente por medio de un control a escala nacional. Esto tiene como objetivo que dos aeronaves no se encuentren en el mismo espacio aéreo con el mismo código.

B.E.I.

Este equipo en tierra está diseñado para recibir también información de altitud del avión en MODO C.

Es importante recalcar que este tipo de radar es de gran ayuda para el sistema de tránsito aéreo ya que incrementa la efectividad de los radares de vigilancia.

4.8.4 Otros Tipos de Radar

4.8.4.1 Equipo Detección de Superficie de Aeropuerto / Airport Surface Detection Equipment (A.S.D.E.)

Este radar está diseñado para detectar todos los movimientos de aviones o vehículos terrestres en las áreas de movimiento principales. Además, entrega una presentación general de todo el aeropuerto en una pantalla en la torre de control. Es usado con la finalidad de aumentar el alcance visual de los controladores hacia todos los movimientos terrestres de aviones y vehículos en las calles de taxeo y la(s) pista(s).

4.8.4.2 Digital Bright Radar Indicator Tower Equipment (D-BRITE)

Este equipo es un repetidor del ASR instalado en la torre de control. Entrega información primaria y secundaria. Los controladores lo utilizan para mantener una alerta situacional de los aviones en su control. Ellos pueden “sugerir” direcciones o rumbos como ayuda a la navegación.

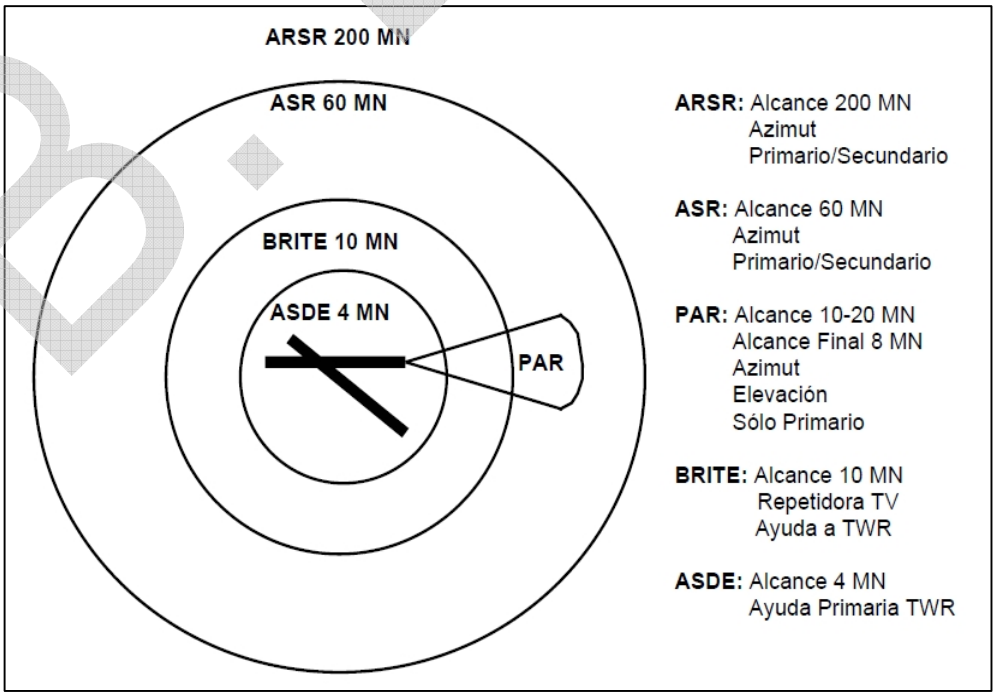


Figura 4-31

B.E.I.

4.8.5 Utilización del Radar

4.8.5.1 Uso Militar

La principal misión de un radar de vigilancia consiste en vigilar una determinada porción del espacio aéreo, detectando así cualquier aeronave que pudiera entrar en éste con fines bélicos, con suficiente anticipación para tomar medidas adecuadas. Ejemplo: alistar elementos defensivos, participación en intercepciones, etc.

4.8.5.2 Uso Civil

Consiste en proporcionar el máximo de seguridad, eficacia y expedición del tránsito aéreo dentro de determinadas rutas y espacios aéreos.

Los procedimientos que se analizarán se referirán tanto al tráfico aéreo militar como civil desde el punto de vista general de la navegación aérea.

4.8.5.2.1 **Guía vectorial.** Es el procedimiento por el cual se dirige a una aeronave tanto en el plano vertical como horizontal, mediante la emisión de instrucciones de rumbos y altitudes a mantener.

Esto se logra mediante la ayuda de un “MAPA VIDEO”, el cual no es más que una superposición de un mapa sobre la pantalla y que permite a simple vista, ver la posición relativa de una aeronave con respecto al terreno sobre el cual está volando.

4.8.5.2.2 **Interceptación de Radio Ayudas de Aproximación.** Esto consiste en guiar vectorialmente las aeronaves hasta ubicarla sobre una radio-ayuda de aproximación, ya sea NDB, localizador ILS, etc., a la altitud publicada, de tal forma que el piloto, pueda iniciar el procedimiento de descenso correspondiente, basándose en los instrumentos del avión.

4.8.5.2.3 **Monitoreo.** Consiste, en vigilar que la aeronave que está llevando su propia navegación aérea, no se desvíe significativamente de su trayectoria, altitud o velocidad hasta el punto que pueda constituir un peligro para la navegación.

Cabe hacer notar, que respecto al procedimiento de interceptación de Radio-Ayudas de aproximación, cuando la aeronave alcanza la radio-ayuda que usará para aproximar, termina la guía vectorial y comienza el monitoreo hasta el término de la aproximación.

B.H.I.

4.8.6 Aproximación Por Radar

Existen dos tipos de aproximaciones: El de precisión, que proporciona al piloto curso preciso y trayectoria de planeo (Glide Slope) y la aproximación de vigilancia la que proporciona curso, distancia sobre el terreno y se clasifica como una aproximación no precisa. Si se le pide, el controlador también proporcionará altitudes recomendadas para final.

Los dos sistemas, precisión y vigilancia pueden ser comparados considerando las siguientes tolerancias:

a) El error de azimut máximo de la línea central para el PAR es de 30 pies ó 0.2º en el umbral de la pista de aterrizaje, cualquiera sea mayor.

b) En el MAP el curso de aproximación por sistema de vigilancia no excederá 500 pies a la izquierda o derecha de los bordes de la pista o 3% de la distancia entre la antena de radar y el punto en el cual la aproximación es descontinuada, cualquiera sea mayor.

4.8.7 Limitaciones De Los Sistemas De Radar

Es muy importante que los pilotos comprendan las limitaciones de los servicios de radar y consideren que los controladores no siempre podrán informar alertas de tráficos, ya que éstos no siempre se encuentren volando bajo su control, por lo tanto, no son vistos por el radar.

Una de las características de las ondas es que viajan en línea recta a menos que sean:

- “Dobladas” por fenómenos meteorológicos, como una inversión térmica.
- Reflectadas o atenuadas por objetos densos como nubes gruesas, precipitación, obstáculos en tierra, montañas, etc.
- Impedidas de continuar por características de terreno alto.

La energía de radar que llega a objetos densos es reflejada y mostrada al operador en la pantalla, limitando la identificación de un avión a la misma distancia y debilitando o definitivamente eliminando la muestra de blancos a mayor distancia.

B.E.I.

Aviones a una baja altitud no serán vistos si son tapados por montañas o se encuentran bajo el haz del radar producto de la curvatura de la tierra.

La cantidad de superficie de reflejo de un avión determina el porte del retorno en la pantalla. Por lo tanto, aviones pequeños o de combate serán más complicados de identificar que un avión de transporte grande.

Existen aeropuertos que cuentan con radares con posibilidad de modo "C", que indican la altitud del avión en la pantalla del controlador. En cambio hay otros que no cuentan con esta capacidad por lo que el controlador se debe basar en la información de altitud entregada por los pilotos.

4.9 SELECTIVE CALLING – SELCAL

Es un sistema por el cual se proporciona control mediante el sistema de comunicaciones en la banda HF a través de un "llamado selectivo", que permite al controlador en tierra alertar a la tripulación de que desea comunicarse con la aeronave. Esto es debido a que el impacto de los rayos solares en la banda HF con capa ionosférica de la atmósfera provoca una emisión "basal" de radio la cual produce un sonido de estática continuo y muy molesto.

Normalmente se utiliza en rutas oceánicas, donde el uso de HF provoca un ruido de fondo demasiado alto, y los pilotos prefieren bajar el volumen de esa radio y esperar a que el controlador envíe la señal SELCAL a esa aeronave.

En algunas rutas oceánicas es un requisito contar con éste equipo. Verifique los requerimientos de equipos antes de realizar una ruta oceánica o donde se prevea una pobre cobertura de radiotelefonía VHF.

4.9.1 Funcionamiento

El sistema consiste en un decodificador SELCAL, que monitoriza permanentemente la radio HF, y de este modo, la tripulación puede silenciar el audio HF para evitar el ruido molesto de fondo.

Cuando una estación terrestre quiere comunicarse con el avión, realiza un llamado emitiendo un código de cuatro bits el cual se compone de cuatro letras (identificativo SELCAL) del avión al que va dirigido **(Figura 4-32)**.

El decodificador de la aeronave recibe este código y lo compara con el que tiene registrado como propio: si no es el suyo lo descarta, pero si lo reconoce avisa a la tripulación de que están siendo llamados. El aviso es una señal sonora y/o con luz.

Los códigos SELCAL están formados por dos pares de dos letras cada uno, correspondiendo una frecuencia diferente a cada letra. Inicialmente se transmiten las frecuencias correspondientes a las dos letras del primer par (durante un segundo aproximadamente), y, tras una pausa de 0,2 segundos, se transmite el otro par.

Figura 4-32

Los códigos deben cumplir el siguiente criterio:

- Sólo se pueden usar letras de A a la S, excepto I, N y O.
- No se puede usar una misma letra dos veces en el mismo par (AABC), debido a que el es incapaz de distinguir una de otra.
- Las letras dentro de un mismo par deben estar por orden alfabético y tampoco pueden tener un orden correlativo (Ej.: ACDB).

El código SELCAL generalmente se muestra en una pequeña placa en un lugar visible en la cabina de vuelo. **(Figura 4-33)**.

Figura 4-33

4.9.2 Limitaciones

El sistema posee las mismas características y limitaciones de la banda HF. Adicionalmente existe una cantidad limitada de 10920 códigos diferentes. Cada aeronave posee un código diferente por defecto. Debido a la escasez de posibles códigos de 4 letras, se ha debido a repetir del mismo código para más de una aeronave.

Códigos duplicados son generalmente asignados a las aeronaves

operadas en zonas muy distantes del mundo, y por lo general no tienen la misma asignación de frecuencias de radio HF. Sin embargo, hay ocasiones en las que dos o más aeronaves con el mismo código pueden estar operando en la misma área general y, de este modo, responderán a la misma transmisión. Por lo tanto, SELCAL no debe ser utilizado como un sustituto para los procedimientos apropiados de identificación de voz.

4.10 VIGILANCIA DEPENDIENTE AUTOMÁTICA (AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE) - ADS

Vigilancia dependiente automática (ADS) es un sistema de vigilancia en la cual las aeronaves de forma automática, a través de un enlace de datos, informan al controlador la identificación de la aeronave, la posición y otros datos adicionales, según el sistema específico. Es automática ya que no requiere intervención del piloto o controlador, y es dependiente ya que requiere o depende de los datos de posicionamiento de un sensor de la aeronave.

Existen diferentes formas de ADS están actualmente en uso o en desarrollo, incluyendo:

- Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) es una función de una aeronave o vehículo de superficie que transmite la posición, la altitud, el vector de desplazamiento y otras informaciones para su utilización por otras aeronaves, los vehículos en tierra y/o controladores de tránsito aéreo.

- Automatic Dependent Surveillance - Contract (ADS-C) es similar al anterior, sin embargo los reportes son realizados en periodos de tiempo o fases específicas y requiere de un contrato o acuerdo entre la dependencia de control y la aeronave.

4.10.1 Vigilancia Dependiente Automática por Contrato (Automatic Dependent Surveillance− Contract) - ADS-C

Como el nombre lo dice, el sistema está basado en acuerdos en los cuales se establecen reportes periódicos de posición basados en el tiempo. Los reportes pueden ser realizados vía VHF, HF o satelital y se llevan acabo en formato de datos.

Existen tres tipos de reportes o contratos:

- Reportes Periódicos: El Control de Tráfico Aéreo (ATC) es quien establece la periocidad y que parámetros del avión deben ser reportados
- Reportes por Evento: ATC establece parámetros de desviación como desviación de altitud, velocidad vertical, velocidad u otros parámetros. Cuando una aeronave excede esos valores, se realiza un reporte automático.
- Reportes por demanda: se utilizan normalmente cuando el ATC requiere saber la posición de todos los tráficos. Para ello ATC tiene la facultad de solicitar ese reporte y todas las aeronaves reportarán.
- Reporte de Emergencia: a diferencia de los tres anteriores no está configurado por el ATC, y depende de la tripulación en el caso que se requiera un mensaje de emergencia.

4.10.1.1 Tipos de ADS-C

A pesar que pueden desarrollarse otros sistemas similares con el mismo principio de funcionamiento, existen dos estándares de ADS-C:

4.10.1.1.1 FANS-1/A: Con este término se hace referencia a los estándares desarrollados por la industria para la implantación del ADS-C. Tiene su origen en el FANS-1, desarrollado por Boeing, y en el AIM-FANS de Airbus, generalmente conocido como FANS-A.

El FANS-1/A se basa en el enlace de datos **ACARS** (Aircraft Communication Addressing and Reporting System) y puede hacer uso de cualquiera de las subredes móviles del mismo, como satélite, VHF o HF. Se destaca que el ACARS no es un sistema de nueva implantación, sino que lleva más de 20 años en operación, y es habitualmente empleado por las líneas aéreas para diferentes propósitos, puesto que suministra enlaces de datos tierra-tierra y aire-tierra.

El FANS-1/A ha sido ampliamente probado por muchos estados y actualmente ya se encuentra operativo en el área del Pacífico Sur.

4.10.1.1.2 ATN ADS-C: Los estándares de OACI establecen como base para fundamentar la implantación del ADS-C la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas, ATN. Por el momento OACI ha definido las siguientes subredes móviles ATN: Satélite

B.E.I.

(AMSS), VHF (VDL modos 1 y 2), Modo S y HF, si bien está previsto que en un futuro se definan más.

Los estándares empleados para implantar el ADS-C se definen en las SARPs de OACI (Standard and Recommended Practices) en las que se encuentran las normas para aplicar el ADS y las especificaciones para el sistema de comunicaciones ATN y sus subredes.

4.10.2 Vigilancia Dependiente Automática Transmitida (Automatic Dependent Surveillance−Broadcast) - ADS-B

Es una tecnología de vigilancia establecida en algunos estados y se compone de equipos a bordo de las aeronaves y de infraestructura en tierra. El sistema consiste en que el equipo abordo determina su posición mediantes GNSS y transmite esta información y otros datos a estaciones en tierra (ATC) y a otras aeronaves o equipos ADS-B. Esta información es transmitida aproximadamente una vez por segundo.

Las aeronaves pueden contar con 2 tipos de ADS-B que emiten en frecuencia 978 MHz o 1090 MHz. La frecuencia de 1090 MHz está asociada a los transponders modo A, C y S en el cual el ADS-B envía esta información. Esta información es conocida como “extended squitter” (señal extendida) y el equipo abordo es denominado 1090ES. El equipo que trabaja con frecuencia 978 Mhz es conocido como UAT (Universal Access Transceiver). **(Figura 4-34)**

Los equipos ADS-B tienen la capacidad de transmitir y recibir información. La información que sale se llama ADS-B OUT y la que llega ADS-IN. En general, las aeronaves que operen en espacio aéreo clase A (o en el caso de EE.UU. sobre 18.000 pies) requieren el uso de ADS-B 1090ES.

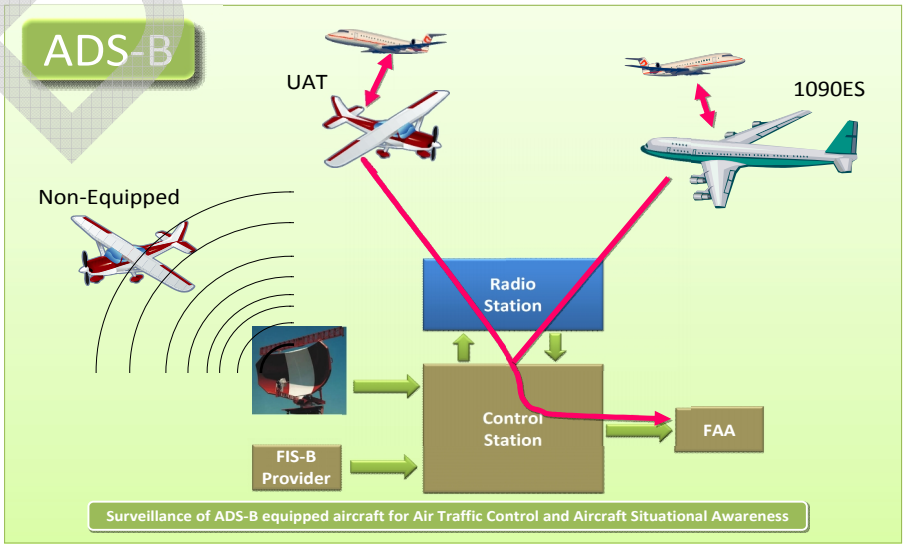


Figura 4-34

4.10.2.1 Capacidades del ADS-B

Este sistema mejora los servicios de vigilancia, tanto para ATC como para las aeronaves, en especial aquellas áreas en que la cobertura de radar es débil debido al terreno, o simplemente donde no existe. El concepto de la información entre aeronaves es inicialmente de “asesoramiento” muy similar al ACAS (TCAS) con la diferencia que entregará información adicional, pero sin emitir una alerta de colisión. Adicionalmente proporciona la información de posición a ATC y a los explotadores para monitorear sus aeronaves a través de la cobertura de las estaciones en tierra.

Los equipos abordo permiten al piloto ingresar información de identificación de la aeronave y el código transponder asignado por ATC, información que es transmitida adicionalmente a su posición. Muchas veces la información de transponder debe ingresarse separadamente en el transponder y el equipo ADS-B simultáneamente, sin embargo es responsabilidad del piloto que ambos equipos transmitan en el mismo código a fin de evitar falsos conflictos al ATC.

Cuando el ADS-B está integrado al transponder y el piloto selecciona algún código de emergencia (7500, 7600 o 7700), el sistema ADS-B automáticamente reconocerá y emitirá la información del código. De no ser así, se requerirá que el piloto ingrese manualmente los códigos de acuerdo a la interface de sus sistemas.

El sistema está diseñado para el uso en vuelo y en superficie (plataforma y calles de rodaje). Los transponders y equipos ADS-B civiles y militares deben estar encendidos desde el inicio del rodaje a no ser que ATC le indique lo contrario.

Además cuenta con servicios adicionales (TIS-B, FIS-B y ADS-R) que se explican más adelante.

4.10.2.2 Limitaciones del sistema

La información abordo para la información de tráficos para las aeronaves no proporciona alerta de tráfico como los sistemas ACAS (TCAS) por tanto sólo le sirve al piloto para tener un panorama más claro de su entorno cercano de vuelo. Es responsabilidad del piloto “**ver y evitar**” los tráficos que tiene en presentación.

Cuando esté volando IMC no debe evitar a las aeronaves que tiene en presentación ADS-B, ni tampoco cuando en VMC no tenga el tráfico a la vista, ya que objetivo del sistema es ayudar al piloto a la adquisición visual del tráfico. Las maniobras para evitar tráfico por presentación ADS-B están prohibidas.

El área de vigilancia de ADS-B como sistema para ATC está limitada por la cobertura de las antenas (Ground Broadcast Transceiver - GBT), la cual es efectiva sólo en línea de vista.

Cuando un piloto encuentre mal funcionamiento del sistema en tierra, debe reportar esta discrepancia a la autoridad competente.

4.10.2.3 Servicio De Información De Tráfico Transmitida (Traffic Information Service- Broadcast - TIS-B)

Es un servicio de transmisión de información de tráfico hacia aeronaves que cuenten con equipos ADS-B (1090ES o UAT) por parte de ATC **(Figura 4-35)**.

El sistema funciona tomando la información de los radares de vigilancia de ATC y enviándolo a las aeronaves a través de las antenas transmisoras en tierra (Ground Broadcast Transceiver - GBT) que cuenten con esa capacidad. El servicio TIS-B estará disponible cuando exista tanto cobertura radar como ADS-B. El nivel de calidad de la información de tráfico proporcionada por TIS-B dependerá del número y tipo de sensores de tierra disponibles para el servicio y del tiempo que demore la señal al llegar a la aeronave (distancia).

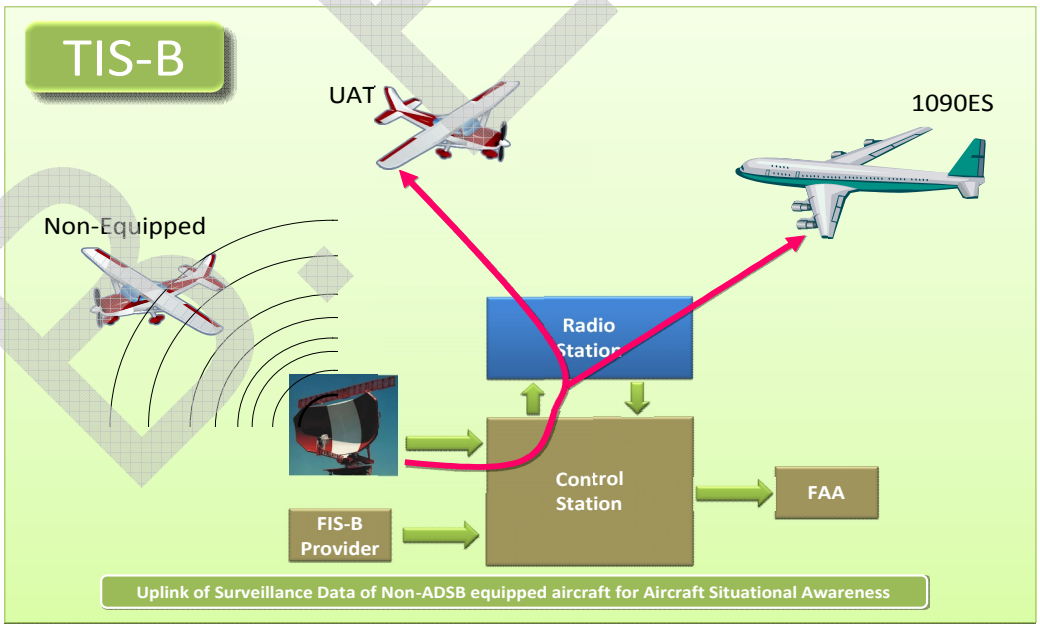


Figura 4-35

4.10.2.3.1 Requerimientos para el TIS-B

Para recibir información del servicio de TIS-B, se debe cumplir lo siguiente:

Las aeronaves deberán estar equipadas con ADS-B (receptor o transmisor - receptor), y una pantalla que muestre la información de tráfico (Cockpit Display of Traffic Information - CDTI) **(Figura 4-36)**.

Las aeronaves deben volar dentro de la cobertura de las estaciones terrestres que cuenten con capacidad TIS-B. (No todas las estaciones de radio terrestres proporcionan TIS-B debido mala cobertura radar o por no contar con radar).

Aeronaves mostradas en pantalla deben dentro de cobertura de al menos un radar de ATC que proporcione la información al TIS-B.

4.10.2.3.2 Capacidades del TIS-B

El TIS-B tiene por objeto mejorar la alerta situacional en áreas donde vuelen aeronaves que no cuenten con ADS-B y así ayudar a la adquisición visual de aquellos tráficos.

Sólo las aeronaves que posean transponders (Modos A/C o Modo S) serán captadas por el radar y por ende las únicas que transmitirán la información por el TIS-B.

4.10.2.3.3 Limitaciones del TIS-B

Se pueden producir interrupciones momentáneas de los tráficos, normalmente cuando estos maniobran (por ejemplo, ascensos y virajes), debido a que el radar de vigilancia no entrega la información con la misma rapidez del ADS-B.

Debido a que la fuente de la información es el radar, se pueden producir errores en la transferencia de posición hacia el sistema ADS-B producto de ecos falsos del radar.

A diferencia de la información del ADS-B que actualiza la información cada un segundo, el radar transmitirá la actualización del panorama entre cada 3 a 13 segundos dependiendo del tipo de radar y la velocidad de rotación de su antena.

Además el TIS-B no transmitirá la información de aeronaves que no posean transponders. El piloto durante el vuelo no recibe información relacionada con la cobertura del TIS-B, por tanto podría encontrarse volando inadvertidamente sin la recepción del servicio.

B.E.I.

Figura 4-36

4.10.2.4 Servicio de Información de Vuelo Transmitida (Flight Information Service- Broadcast - FIS-B)

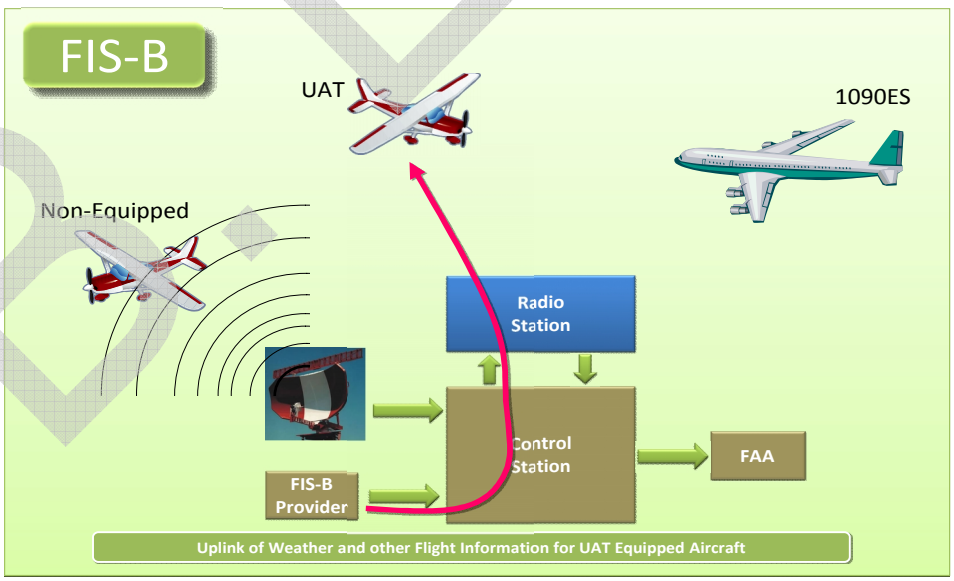


Figura 4-37

FIS-B es un servicio de difusión suministrado por antenas en tierra a través de la red de Servicios ADS-B en frecuencia de datos 978 MHz UAT. Servicio proporciona a los pilotos y las tripulaciones información meteorológica y aeronáutica en vuelo. **(Figura 4-37)**.

Dentro de esta información encontramos reportes meteorológicos, pronósticos e incluso imágenes de radares meteorológicos en tierra **(figura 4-38)**. Además se muestra información de NOTAMS u otras informaciones aeronáuticas disponibles. Algunos estados consideran esta información sólo de referencia, y por tanto para efectos de planificación y decisiones de seguridad de vuelo la información se debe consultar por los canales aeronáuticos oficiales.

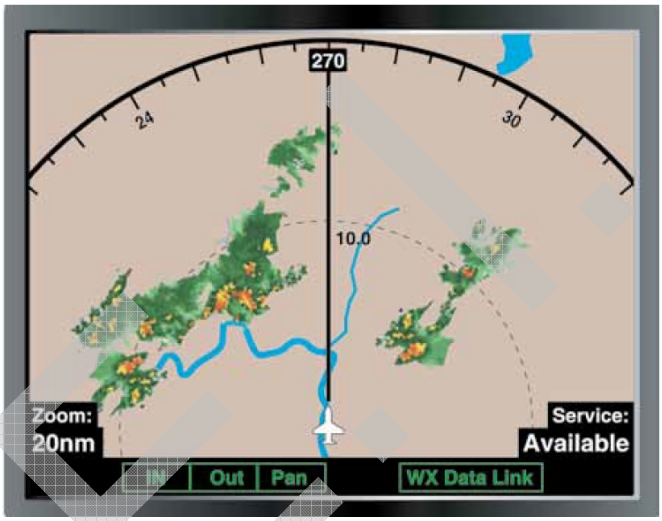


Figura 4-38

4.10.2.4.1 Limitaciones del FIS-B

Para obtener toda la información del FIS-B, pueda que se requiera suscripción con proveedores de este servicio.

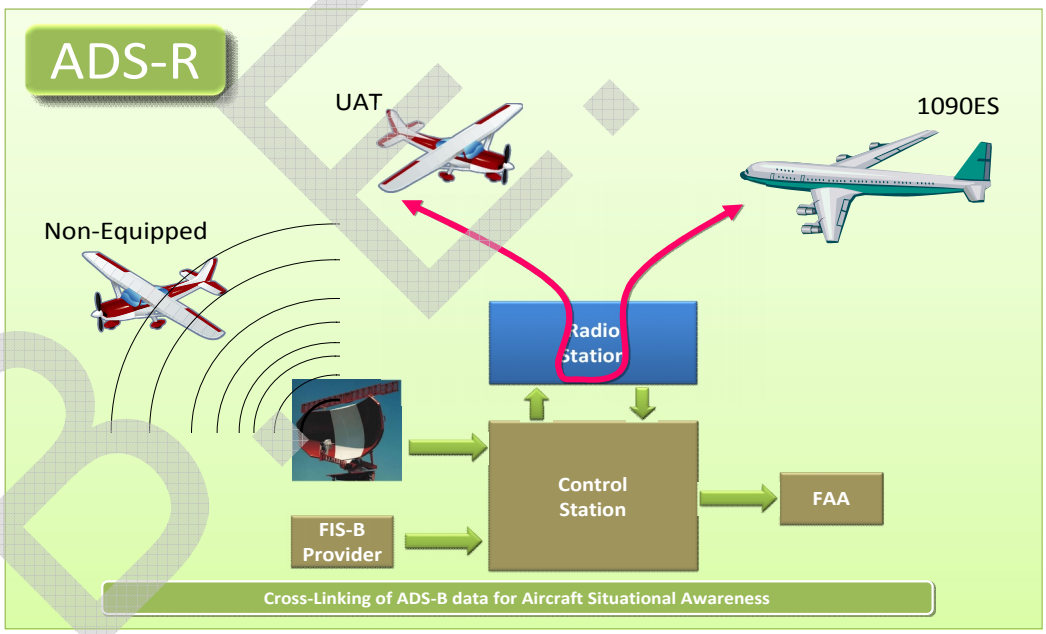
Product	FIS-B Service Update Interval[1]	FIS-B Service Transmission Interval[2]
AIRMET	As available	5 minutes
Convective SIGMET	As available	5 minutes
METAR/SPECI	Hourly/as available	5 minutes
NEXRAD Reflectivity (CONUS)	5 minutes	15 minutes
NEXRAD Reflectivity (Regional)	5 minutes	2.5 minutes
NOTAM-D/FDC	As available	10 minutes
PIREP	As available	10 minutes
SIGMET	As available	5 minutes
SUA Status	As available	10 minutes
TAF/AMEND	8 hours/as available	10 minutes
Temperature Aloft	6 hours	10 minutes
Winds Aloft	6 hours	10 minutes

Figura 4-39

En la **Figura 4-39** se puede observar los servicios que se ofrecen en EE.UU. y las frecuencias de actualización y transmisión de la información.

4.10.2.5 Vigilancia Dependiente Automática-Retransmisión (Automatic Dependent Surveillance-Rebroadcast - ADS-R)

ADS-R es una función enlace de datos del sistema ADS-B para que las antenas en tierra retransmitan la información ADS-B OUT que provienen de las aeronaves en las dos frecuencias existentes de forma separada (978 y 1090 MHz ES). Esto permite que las distintas aeronaves con ADS-B puedan verse entre sí, independientemente del tipo de equipos que posean (UAT o 1090ES). Las aeronaves que operen en la misma frecuencia ADS-B, pueden intercambiar información directamente y no requieren la función ADS-R. Además las aeronaves podrán ver tráficos, que aunque estén equipadas con el mismo equipo, estas no estén en línea de vista y no puedan recibir su señal. **(Figura 4-40)**.



(Figura 4-40).

4.11 MULTILATERALIZACIÓN (MLAT)

Multilateralización es una tecnología probada que ha estado en uso durante muchas décadas. Ha sido desarrollado con fines militares para localizar con precisión las aeronaves, sin embargo se ha dado a conocer poco a poco para aplicaciones de aeronáutica civil. El principio de funcionamiento es mediante el uso de un método conocido como Time

Difference of Arrival (TDOA).

Multilateralización emplea una serie de estaciones terrestres, que se colocan en lugares estratégicos alrededor de un aeropuerto, un TMA o un área más amplia que cubre gran parte del espacio aéreo dentro de las aerovías. La exactitud de la información de los tráficos que visualiza dependerá de la cobertura, cantidad de antenas receptoras y distancia de las antenas con el tráfico. Se ha comprobado que su instalación en aeropuertos para la vigilancia de tráfico de superficie puede otorgar una precisión de hasta 5 metros.

Estas unidades reciben las respuestas o señales desde los transponders de las aeronaves (Modos A, C, S e incluso señales ADS-B cuando se combinan estos sistemas). Puesto que cada aeronave se encuentra a diferentes distancias de cada una de las estaciones terrestres, sus respuestas serán recibidas por cada estación en fracciones de tiempo diferente. Usando técnicas avanzadas de procesamiento de datos por intersección de hipérbolas, estas diferencias individuales de tiempo permiten la posición de una aeronave a ser calculada con precisión **(Figura 4-41)**.

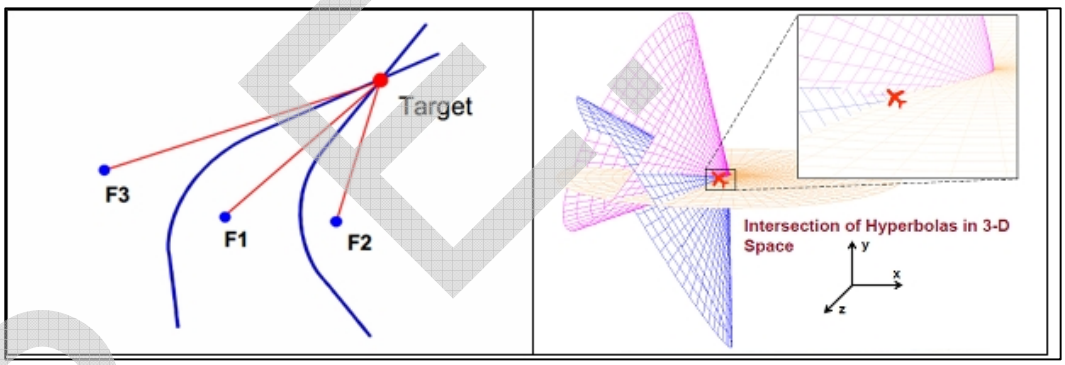


Figura 4-41

Multilateralización no requiere de equipos de aviónica adicional, ya que utiliza las respuestas de los transponders en Modo A, C y S, así como transponders militares (IFF) y ADS-B. Ambos sistemas, radar de vigilancia y MLAT, pueden ser combinados para la visualización de tráficos de ATC.

Los tráficos en pantalla tienen una actualización segundo a segundo, siendo más rápida que el radar el cual puede tardar de 4 a 12 segundos.

4.12 ADS-X

Se denomina ADS-X a la combinación de ADS-B con la Multilateralización. La unión de estos sistemas los hace más precisos, redundantes y proveen una mayor cobertura del sistema de vigilancia de

ATC **(Figura 4-42)**.

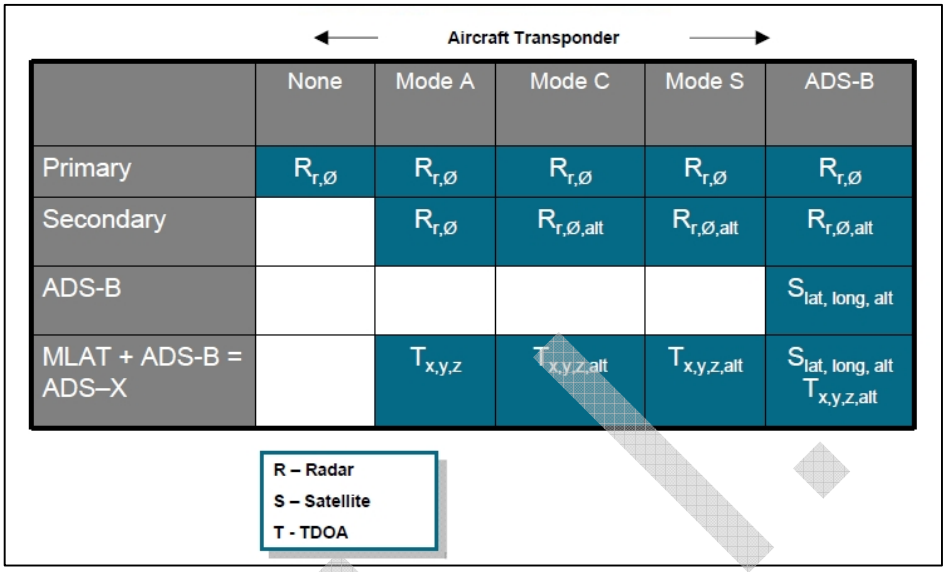


Figura 4-42

4.13 FLIGHT MANAGEMENT SYSTEM - (F.M.S.)

4.13.1 Descripción

En lo esencial, el FMS no es un sistema de navegación, sino un equipo que automatiza los procedimientos de manejo de los sistemas de navegación en el avión, además de administrar otras funciones del vuelo. En este manual veremos sólo las funciones relacionadas con el vuelo instrumental.

El FMS es una interfase entre las tripulaciones y los sistemas del avión. Se puede considerar como un computador que contiene la posición de una gran cantidad de aeropuertos, radioayudas y su información asociada, así como también datos de performance del avión, aerovías, procedimientos de salida (SID) y procedimientos de ingreso (STAR). También tiene la capacidad de almacenar puntos ingresados por el usuario, rutas de vuelo diseñadas sobre la base de SIDs en conjunción con puntos determinados, aerovías, STARs, procedimientos de aproximación, alternativas, etc.

Otra característica de estos equipos es que rápidamente puede definir una ruta deseada desde la presente posición del avión a cualquier punto en el mundo, efectuar cálculos de plan de vuelo y mostrar a la tripulación una escena completa de la ruta de vuelo.

La información de VOR, DME, INS, GNSS, Localizadores y otras

funciones pueden ser controladas desde el FMS. Es decir, puede actuar como intermediario entre la tripulación y los sistemas, actuando como fuente de ingreso y salida de datos.

4.13.2 Función Del F.M.S.

Al iniciar el sistema, la tripulación debe ingresar los datos de locación actual del avión para que el sistema, a través de este punto realice todos los cálculos. Además es posible ingresar todos los puntos del vuelo como la pista de salida, procedimiento de salida (si es aplicable), puntos de chequeo que definen la ruta o aerovía, procedimiento de aproximación, aproximación a usar y ruta hacia el aeropuerto de alternativa.

La información puede ser ingresada en forma manual, estar guardada como plan de vuelo, o ser un plan de vuelo desarrollado en otro computador y transferida por medio de un disco o electrónicamente al computador del FMS (FLIGHT MANAGEMENT COMPUTER –FMC). La tripulación se comunica con el equipo a través del CDU (control display unit). **(Fig. 4- 43).** El FMS es el sistema principal para la mayoría de las aplicaciones de la Navegación Basada en la Performance (PBN).

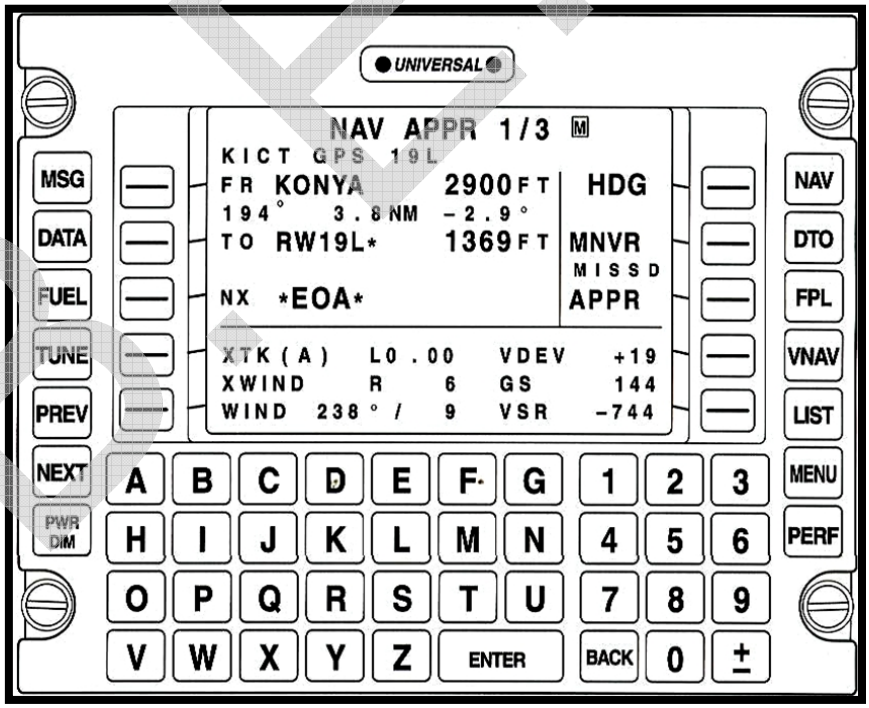


Figura 4-43

4.14 INERTIAL NAVIGATION SYSTEM (I.N.S.)

4.14.1 Descripción

El INS es una fuente primaria de información de Velocidad Terrestre, Rumbo y Navegación. Un sistema básico consiste en sensores de aceleración montados en una plataforma giroscópica, un computador para analizar la información básica y mantener actualizada la posición actual y una unidad de control CDU (Control Display Unit), para el ingreso de datos y monitoreo del sistema. **(Fig. 4- 44)**.

Este equipo permite a la tripulación seleccionar una variada cantidad de información, definir una serie de cursos y actualizar la presente posición. El INS opera exclusivamente basándose en sensar los movimientos del avión. Su precisión es teóricamente ilimitada y sólo se ve afectada por la tecnología y la calidad de la construcción.

Tomando en cuenta que no emite ni recibe señales de ningún tipo, no puede ser afectado por Contramedidas Electrónicas (CME) o la meteorología. El INS puede también entregar información a una serie de otros equipos. Cuando esta plataforma no es utilizada como un sistema independiente y en su lugar es considerado como sensor que alimenta a un FMS/FMC, recibe el nombre de IRS (Inertial Reference Systems).

Fig. 4- 44

4.14.2 Operación

Antes de que un INS pueda ser usado, debe ser alineado. Para ello se le ingresa la posición en forma manual mientras automáticamente se alinea con el norte verdadero. Este procedimiento debe ser completado antes de mover el avión.

Si el alineamiento o parte del programa del equipo falla en vuelo, la información de navegación puede sufrir alteraciones o incluso, perderse.

En algunos casos es posible obtener información relativa a actitud y rumbo como elementos de emergencia.

Las coordenadas geográficas, así también como el azimut y distancia de los distintos puntos son ingresadas a través del CDU. Algunos aviones en la actualidad cuentan con un equipo computacional de planificación en tierra que les permite ingresar toda la información de navegación y otros datos de interés al CDU a través de un equipo de almacenaje de datos llamado DTC (Data Transfer Cartridge)

Para una información detallada de un sistema en particular y su operación, refiérase al manual de vuelo de su avión o su respectiva orden técnica.

4.14.3 Errores del INS

El error principal del sistema es la degradación de la posición en el tiempo. El INS computa posiciones comenzando con una actualización de coordenadas efectuada manualmente, la que va cambiando continuamente, basándose en la información de velocidad y dirección que entregan los acelerómetros y giróscopos. Estos acelerómetros y giróscopos están sujetos a pequeños errores los que, a medida que pasa el tiempo, se pueden acumular.

El hecho de que los INS pueden presentar un error de 0.1 a 0.4 milla después de 4 a 6 horas de vuelo, hace de este sistema uno de los más precisos. Esta efectividad puede ser combinada con el apoyo de GNSS. La combinación INS / GNSS soluciona los errores y debilidades de los dos sistemas. El GNSS es preciso todo el tiempo, pero puede sufrir problemas de señal de satélite.

Considerando lo anterior, podemos decir que el INS es el sistema de navegación más preciso, ya que se está actualizando constantemente y continua funcionando con precisión bajo condiciones de pérdidas temporales de señal GNSS.

Debido a los errores del INS, es que en el uso de especificaciones PBN se restringe su uso. Por ejemplo en RNAV-5 una plataforma inercial se puede utilizar durante 2 horas sin actualizar, pero para una aproximación RNP sólo durante 40 segundos.

4.15 SISTEMA DE NAVEGACIÓN DOPPLER

Este es un sistema de navegación autónomo, que basa su funcionamiento en el principio DOPPLER. Emplea señales de radar para detectar y medir velocidad terrestre y deriva, utilizando el sistema de compases del avión como referencia direccional, lo que permite su utilización bajo cualquier condición meteorológica.

Otra de sus ventajas es que, al igual que el INS, no requiere de información de radioayudas terrestres o GPS para su funcionamiento. Sin embargo, al ser menos preciso que el Inercial o GPS, se recomienda su actualización periódica con el fin de obtener información de posición precisa durante vuelos largos.

4.16 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO Y NAVEGACIÓN POR SATÉLITE

Como su nombre lo dice son aquellos que utilizan información de posición de constelaciones satelitales para poder determinar la posición de la aeronave. Existen varios sistemas, cada uno con sus características, dependiendo del propósito especifico orientado para la fase del vuelo que se requiera. En la actualidad se encuentran operando, en desarrollo, o en fase experimental los siguientes sistemas:

- NAVSTAR-GPS (NAVigation System and Ranging - Global Position System) de Estados Unidos.
- GLONASS (Sistema Mundial de Navegación por Satélites) de Rusia.
- GALILEO de la Unión Europea en fase experimental.
- COMPASS (también conocido como BEIDOU) de China en desarrollo.
- QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) de Japón en desarrollo.
- IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System) de India en desarrollo.

Los sistemas de navegación por satélite tienen una estructura claramente definida, que se divide en tres segmentos distintos:

a) Segmento espacial
b) Segmento de control
c) Segmento de usuarios

R.I.

4.16.1 GNSS.

4.16.1.1 Generalidades

Sistema global de Navegación por satélite (GNSS), consiste en la integración de los sistemas GPS y GLONASS. Adicionalmente la OACI se encuentra trabajando en los estándares de aplicación para la incorporación del sistema europeo GALILEO, el cual se encuentra en su fase experimental.

Hasta hace algún tiempo, la situación era la de sistemas dependientes del GPS, que no tenían segmento espacial completamente operativo, o que estaban en fase experimental, y por tanto que por sí mismos no eran completamente operativos. En la actualidad el GLONASS y GALILEO tienen su segmento espacial, aunque el sistema europeo aún está en fase experimental.

Así, mientras que el segmento espacial hasta ahora pertenece exclusivamente al GPS y al GLONASS, quedando relegados el resto de países a usarlos, segmentos de control adicionales se han implantado de distinta manera en cada país (Japón, EEUU, Rusia) o continente Europeo, dando lugar a los sistemas de aumento basados en tierra o satélite (GBAS y SBAS), que veremos más adelante. A continuación vamos a describir los segmentos del GNSS, que son aquellos que deben existir para que un sistema de navegación por satélite sea completo y autónomo, y no un sistema de aumentación que depende de otro sistema.

4.16.1.2 Segmentos

4.16.1.2.1 Segmento espacial

Es el segmento compuesto por los satélites que forman el sistema, tanto de navegación como de comunicación. Mientras que los primeros orbitan alrededor de la Tierra, repartiéndose en distintos planos orbitales, los segundos son los que forman los llamados sistemas de aumento que sirven para la corrección de errores de posicionamiento.

- Satélites de navegación

El segmento espacial de un GNSS debe tener el suficiente número de satélites de navegación, tales que éstos puedan garantizar una cobertura global en todo momento. Además para ser lo suficientemente robusto en el servicio, ha de tener un número que le permita transmitir información de manera redundante en caso de que algún satélite deje de prestar servicio, o para que haya un mayor número de satélites en una zona que nos permitan obtener un posicionamiento más preciso.

B.T.I.

Los satélites por otro lado, han de estar colocados en distintos planos orbitales de tal forma que se cubra toda la Tierra de manera global en todo momento (actualmente el GPS garantiza un mínimo de 4 satélites visibles en cualquier parte del mundo). Sin embargo dependiendo del número de satélites, la distribución dentro de estos planos orbitales no tiene porqué ser uniforme. **(Figura 4-45)**

Aunque entraremos en más detalle sobre las características técnicas, basta con saber que el GPS estadounidense en la actualidad cuenta con 32 satélites de los 24 que inicialmente entraron en funcionamiento en el proyecto, distribuidos en seis planos orbitales de manera no uniforme, existen satélites adicionales que proporcionan información redundante y se han ido añadiendo poco a poco a la constelación original. No obstante el sistema asegura 24 satélites en funcionamiento permanente.

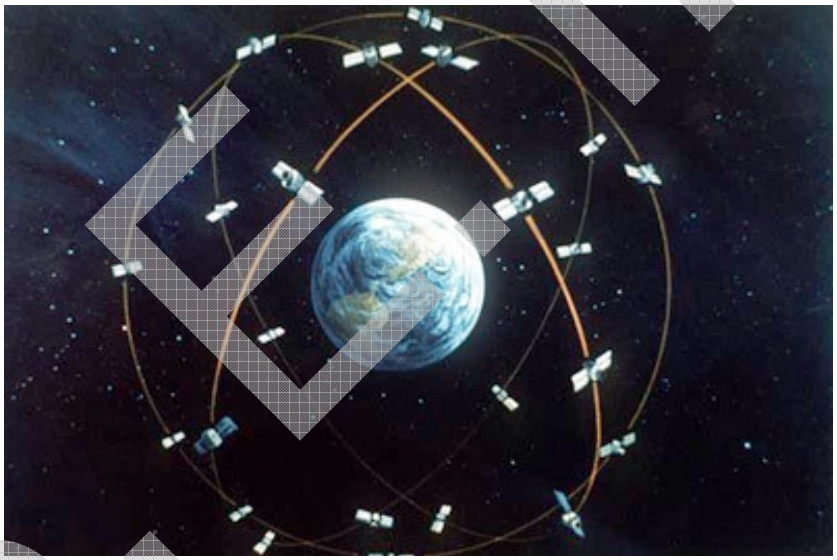


Figura 4-45. Constelación de satélites GPS

- Satélites de comunicación

Por otro lado, en el segmento espacio podemos encontrar satélites de comunicación GEO, que forman los llamados sistemas de aumento, particulares de cada país. Dicho satélite retransmite la información con correcciones procedente del segmento de control, lo que aumenta la precisión del sistema. Ejemplos de sistemas de aumento SBAS son el WASS de EEUU, el EGNOS en Europa o el MFSAS de Japón y Australia.

4.16.1.2.2 Segmento de control

Formado por el conjunto de estaciones en tierra que recogen los datos de los satélites. Este segmento es complejo en su definición, siendo propio

de cada país o coalición de países, y estructurándolos en función de distintos criterios como más convenga.

Sus funciones son garantizar las prestaciones del sistema mediante monitoreo del segmento espacial y aplicar correcciones de posición orbital y temporal a los satélites, enviando información de sincronización de relojes atómicos y correcciones de posicionamiento de órbitas a los distintos satélites.

- Estructura del segmento de control

La estructura básica para todo GNSS, es un conjunto de estaciones de monitorización y una estación de control **(Figura 4-46)**, que reciben las señales de los satélites y son capaces de llevar a cabo las funciones anteriormente citadas.

Figura 4-46. Centro de control de Misiones de GPS

Cada estación genera su propia información sobre el funcionamiento del sistema, en última instancia esta información se envía a una estación de control que aplica dichas correcciones al satélite del GNSS, en cuanto a su posición orbital y coordenadas temporales, o bien retransmite la información a un satélite geoestacionario que forma un sistema de aumento (como se hace en la actualidad con el GPS, en países que no tienen un segmento espacial propio).

Como la posición de cada estación y las coordenadas temporales se conocen (cada estación está equipada con un reloj atómico de cesio), se pueden combinar las medidas obtenidas por varias estaciones para crear un sistema de navegación inverso que determine la localización espacial y temporal del satélite.

En última instancia se envía a través de las estaciones de monitorización o de control la nueva información al satélite, que corrige así su órbita y su mensaje de navegación.

4.16.1.2.3 Segmento de usuario

Formado por los equipos GNSS que reciben las señales que proceden del segmento espacial. Este dispositivo está formado por un conjunto de elementos básicos que se detallan a continuación.

- **Antena receptora:** Recibe las frecuencias de funcionamiento del sistema, de cobertura hemisférica omnidireccional. Puede ser de muchas formas y materiales, dependiendo de las aplicaciones y del costo del receptor.
- **Receptor**: Es del tipo heterodino, basado en la mezcla de frecuencias que permite pasar de la frecuencia recibida en la antena a una baja frecuencia que podrá ser manejada por la electrónica del receptor. Contiene un reloj altamente estable (generalmente un oscilador de cristal) y normalmente una pantalla donde mostrar la información de posicionamiento.

Los receptores se encargan de tres funciones principales:

- Satellite Manager, que es la gestión de los datos que envía el satélite. En primer lugar el receptor está en modo INIT en el que se almacena el almanaque y el estado de los satélites en una memoria. Después pasa al modo NAV en el que almacena los datos necesarios para los cálculos.

- Select Satellite, que se encarga de encontrar los cuatro satélites con geometría óptima para la navegación, a partir de una lista de satélites visibles.

- SV (Space Vehicle, Position- Velocity and Acceleration), que calcula la posición y velocidad de los satélites empleados en la navegación.

Este segmento ha evolucionado mucho, desde sus principios donde un receptor era capaz de captar la señal de cuatro o cinco satélites, hasta la actualidad que tienen hasta doce o veinte canales, lo que permite un mejor posicionamiento.

B.E.I.

Además del número de canales (o señales de satélite que es capaz de captar), los receptores también se caracterizan por los sistemas de corrección internos o externos, como GPS Diferencial (ver DGPS), y también por los protocolos que utiliza con distintos fines, como comunicaciones entre dispositivos (mediante USB, Bluetooth u otros) **Figura 4-47**.

Es de vital importancia la existencia de acuerdos entre los sistemas que componen el GNSS de forma que los receptores de un sistema puedan recibir señales de los satélites de otro sistema o de sistemas de aumento, lo que implica que en la actualidad se trate de buscar un consenso de cómo debe evolucionar el sistema.

Figura 4-47. Receptor para IPAD con Bluetooth

4.16.1.3 Capacidades de los actuales sistemas GNSS

Ahora que ya hemos definido la estructura básica de un sistema global de navegación por satélite, vamos a analizar las prestaciones básicas que debe ofrecer:

- **Cobertura**: todo GNSS debe tener una cobertura mundial, es decir, una constelación de satélites que sea suficiente como para garantizar el funcionamiento del sistema en cualquier parte del planeta. Como dijimos antes, necesitamos un mínimo de cuatro satélites para calcular las coordenadas espaciales y temporales.

- **Precisión**: el sistema debe proporcionar un posicionamiento espacial y temporal preciso. Hablamos de un rango de metros en aplicaciones civiles en la actualidad, que varían de un sistema de aumento a otro; y de centímetros para aplicaciones militares del GPS.

- **Integridad**: la integridad es un concepto fundamental en la navegación. Hace referencia a cómo de fiables son los datos que se están usando para seguir una determinada ruta o realizar una

determinada operación. Para cuantificar la integridad, se suele expresar el riesgo de pérdida de integridad como la probabilidad de un fallo no detectado. Es decir los satélites deben transmitir información fiable y no errónea.

- **Continuidad:** concepto que se refiere sobre todo al servicio prestado por el GPS, ya que el Gobierno Norteamericano podría apagar la señal civil que generan sus satélites, terminando o interrumpiendo así su servicio. Así para garantizar todas las prestaciones del sistema, se debe tener el control del mismo, ya que la dependencia de otros sistemas, ya sean estos GPS o GLONASS, hace que los países sin su propio Sistema de Navegación por Satélite, no puedan garantizar dichas prestaciones; si bien con los sistemas de aumento si podemos garantizar algunas de éstas.

- **Disponibilidad**: el sistema debe garantizar su normal funcionamiento durante un porcentaje muy elevado de tiempo, en torno al 95% o 99% si hablamos de aplicaciones críticas o no. Esto hace que se introduzcan satélites redundantes a la constelación para garantizar el funcionamiento en caso de que alguno falle.

4.16.1.4 Funcionamiento de un sistema GNSS

El funcionamiento de un Sistema de Navegación por Satélite involucra los siguientes segmentos **(Figura 4-48)**:

- **Segmento espacial**: envía la señal que se recibe en los segmentos de control y usuario.
- **Segmento de control**: recibe la señal del segmento de espacio, monitoriza y actualiza información enviando correcciones a los satélites si es preciso.
- **Segmento de usuario**: recibe información procedente del segmento espacial y calcula su posición.

B.E.I.

Figura 4-48. Segmentos de un Sistema de Navegación por Satélite.

4.16.1.4.1 Datos de los satélites.

El cálculo de la posición depende básicamente de dos parámetros que son la posición del satélite y el reloj del mismo. Dicha información es recogida en la señal enviada por el satélite hasta el receptor el cual contiene información de almanaque y efemérides.

4.16.1.4.2 Efemérides.

Es una información transmitida por los satélites, la cual contiene la predicción precisa de su órbita para una determinada época. Esta información radio difundida por cada satélite, se actualiza cada cierto tiempo, a través de los parámetros orbitales, controlados desde las estaciones en la Tierra. Las efemérides deben ser actualizadas por alteraciones que sufren las órbitas por efecto de la atracción del Sol y la Luna, la diferencia de gravedad entre distintas zonas de la corteza terrestre y el viento solar. Cada satélite transmite sus propias efemérides, a través de las cuales es posible calcular su posición en un sistema de referencia cartesiano geocéntrico.

4.16.1.4.3 Almanaque.

El almanaque es una información expedita de todas las órbitas, de esta manera permite predecir con cierta aproximación, la posición y la hora en que se situarán los satélites. El almanaque se actualiza cada 12,5 minutos, entregando la posición aproximada de todos los satélites sobre el horizonte, renovándose completamente cada 24 horas.

Todos los satélites de la constelación transmiten el almanaque completo, cuya función es la planificación de observaciones por parte de los usuarios, también entrega información útil al receptor para conectarse con los satélites disponibles al momento de iniciar una medición. Esta información es utilizada para realizar cálculos de RAIM y también por programas computacionales que determinan la capacidad RNAV o RNP requerida en base a la disponibilidad de satélites a lo largo de una ruta.

4.16.1.4.4 Cálculo de posición

La situación de los satélites es conocida por el receptor con base en las efemérides, parámetros que son transmitidos por los propios satélites.

Esta información es almacenada inicialmente por el receptor y tarda 45 segundos aproximadamente en la primera determinación.

Si Ud. apaga y enciende nuevamente el receptor, la información de efeméride almacenada anteriormente será válida para una nueva determinación de posición y su receptor ahora tardará menos en hacer los cálculos (15 segundos aproximadamente).

El receptor GNSS mide su distancia de los satélites, y usa esa información para calcular su posición. Esta distancia se mide calculando el tiempo que la señal tarda en llegar al receptor. Conocido ese tiempo y basándose en el hecho de que la señal viaja a la velocidad de la luz (salvo algunas correcciones que se aplican), se puede calcular la distancia entre el receptor y el satélite.

Cada satélite indica que el receptor se encuentra en un punto en la superficie de la esfera con centro en el propio satélite y de radio la distancia total hasta el receptor.

Son necesarios al menos cuatro satélites para obtener la posición, con tres satélites somos capaces de calcular la posición en tres dimensiones, mientras que el cuarto permite al sistema eliminar los errores de sincronismo.

4.16.1.5 Fuentes de error

En esta sección se describen las principales fuentes de error. La contribución de los errores de cada segmento se resume en la siguiente tabla.

D.R.I.

SEGMENTO	FUENTE DEL ERROR	1 seg. de Error del GNSS (mts)
ESPACIO	Error de Reloj satélite	1.1
CONTROL	Perturbación Disponibilidad Selectiva	-
	Error de predicción de Efemérides y datos de navegación.	1.1
USUARIO	Error de predicción Ionosférica	7.0
	Error de troposfera	0.2
	Error del Receptor	0.1
	Trayectorias multiples (Multipath)	0.2
TOTAL	Errores de usuario en rango equivalente (UERE User equivalent range errors)*	7.1

* Corresponde a una desviación estándar basado en la suma de los errores de un solo satélite, por tanto se podría considerar como un error promedio de un satélite determinado.

4.16.1.5.1 Los errores de reloj de satélite

Fundamental para el funcionamiento del GNSS es la determinación de distancia entre el receptor y el satélite emisor. Esto se determina por el tiempo que demora en viajar la señal del satélite y es por ello que cada satélite posee un reloj de precisión.

Aunque se estima que estos relojes tendrán errores en el tiempo, siempre existen errores mínimos que se traducen en errores de estimaciones de tiempo en los cuales los satélites emiten sus mensajes a los receptores.

Como ejemplo un error de una milésima de segundo equivale a un error de pseudodistancia 300 kilómetros el cual repercutirá en el posicionamiento del receptor.

4.16.1.5.2 Perturbaciones del satélite

En el caso específico del GPS, el gobierno de los Estados Unidos implementó una perturbación intencional de la señal que contiene información del reloj del satélite más conocida como Disponibilidad Selectiva (S / A).

A la fecha la Disponibilidad Selectiva (S / A) no se ha activado desde mayo del 2000, pero es una fuente potencial de error inducido en el código civil (C / A) de las señales que van a los receptores. Gracias a esta

eliminación de la señal civil, el error inducido se ha reducido en hasta 100 metros.

Existen 2 niveles de precisión disponibles dentro del GPS:

- El estándar o Standard Positioning Service (SPS), que entrega información con precisión de hasta 100 metros o menos con una probabilidad de 95% y 300 metros o menos con una probabilidad de 99.99%, y puede ser recibido por cualquier receptor.
- El segundo nivel es llamado de Precisión o Precise Positioning Service (PPS) de uso militar cuya información puede ser recibida sólo por usuarios autorizados, por medio de códigos predeterminados y logra un error máximo de 16 metros.

  Aunque en el 2007, el Departamento de Defensa de EE.UU. anunció que a partir del 2014 los futuros lanzamientos de satélites no poseerán la perturbación de Disponibilidad Selectiva, la capacidad de inducir el error se mantendrá presente la mayoría de los satélites de la constelación GPS.

4.16.1.5.3 Errores de predicción de Efemérides

Estos son los errores en la posición informadas por el satélite (se transmite como mensaje de datos de navegación). Dicho de otro modo, el satélite no se encuentra donde se preveía que estuviese cuando se hizo una medición de su posición. **(Figura 4-49)**.

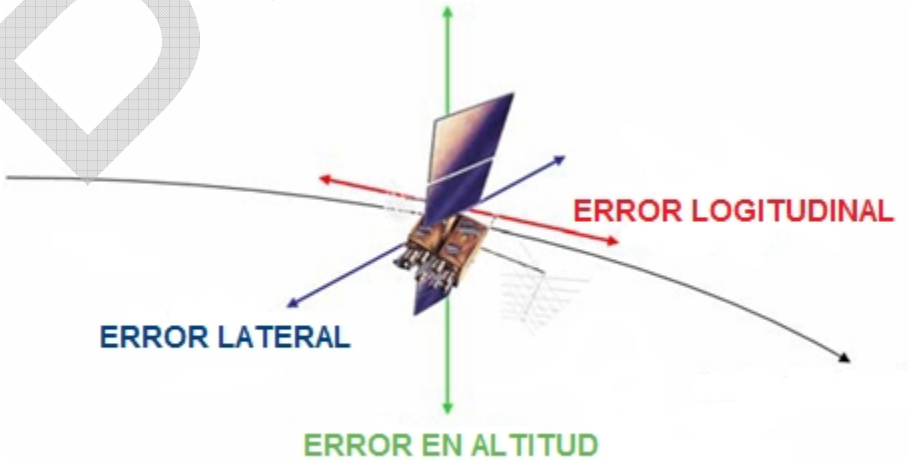


Figura 4-49

B.E.I.

Correcciones de efemérides se calculan y se realiza un ajuste de mejor predicción de cada satélite en segmento de control. Esta corrección de posición o efeméride se realiza cada 30 segundos.

4.16.1.5.4 Errores de los datos de navegación (Codigo C/A)

Los datos de navegación contienen errores inherentes en cualquier sistema GNSS.

En el GPS, cada satélite emite en formato digital los datos (bits) y por tanto se requieren una cantidad determinada de estos para completar el mensaje de navegación. El mensaje se transmite en tipos de señales diferentes con frecuencias distintas, estando afectos a los mismos errores atmosféricos. Estas señales contienen la información de hora del reloj atómico del satélite e información de modelos para corrección de errores. Una diferencia mínima de tiempo de recepción de esta señal, provoca errores en los datos, resultado en un error de precisión. Esto ocurre cuando los modelos de corrección del segmento control son erróneos.

4.16.1.5.5 Error de predicción Ionosférica

Como las señales se propagan a través de la ionosfera, estas se retrasan debido a la carga de partículas propias de esta capa y al cambio de densidad que se produce. La densidad varía según el lugar, hora del día, el ángulo de transmisión a través de la ionosfera, y la actividad solar. Este retraso producirá un error que debe ser corregido por el segmento control mediante modelos que vienen insertos en la señal del GPS. Como son modelos, existen errores que degradan la precisión del sistema.

4.16.1.5.6 Error de troposfera

Al igual que en la Ionósfera, las señales se aceleran o retrasan.
Estos cambios en las señales son dependientes de la temperatura, la humedad, el ángulo de transmisión a través de la atmósfera, y la presión atmosférica. Este error también es corregido por modelos al igual que el error ionosférico.

4.16.1.5.7 Error del receptor

Esto está determinado por error del receptor propiamente tal, como de su antena. Las características de cada receptor pueden limitar la precisión y la integridad de las señales y muchas veces sin ser detectables por el sistema RAIM en caso que se posea.

4.16.1.5.8 Trayectorias múltiples (Multipath)

Este error es causado por la reflexión de señales de satélite en los objetos o el terreno. Para este efecto se produce principalmente en las ciudades con muchos edificios, sin embargo en aviación también se podría producir en sectores de gran obstrucción orográfica (cerros y montañas) o grandes edificios cuando la aeronave se encuentra volando bajo y entre valles **(Figura 4-50)**. La señal reflejada se demora más en llegar al receptor que la señal directa. Otro efecto que produce es la degradación de la señal (SNR –Signal Noise Ratio) y por ende una degradación de la precisión del sistema.

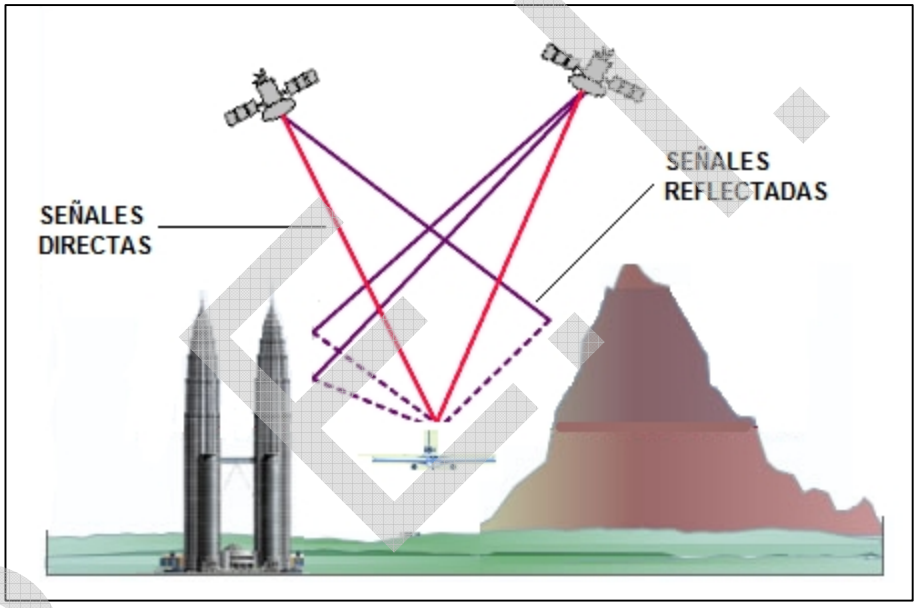


Figura 4-50

4.16.1.5.9 Dilución de la Precisión (DOP – Dilution of Precision)

Constituye el error que más degrada al sistema debido a que multiplica los errores anteriores que son propios de cada satélite.

La dilución de la precisión depende de la geometría o distribución de los satélites en el espacio respecto al receptor. Como ejemplo, una distribución concentrada en un punto en el espacio, producirá que las señales viajen en la misma dirección y se tarden la misma cantidad de tiempo haciendo que el receptor tenga menor exactitud. Por el contrario si los satélites tienen una dispersión más amplia, es decir, cada satélite relativamente separado uno del otro, la precisión de la posición será más exacta. Lo anterior se explica mejor con el siguiente esquema.

En la imagen de la izquierda de la Figura 4-51 se puede observar una buena geometría de dos satélites mientras que en el lado derecho se obtiene una mala geometría de los mismos satélites. Note la zona azul que corresponde a la imprecisión de la posición.

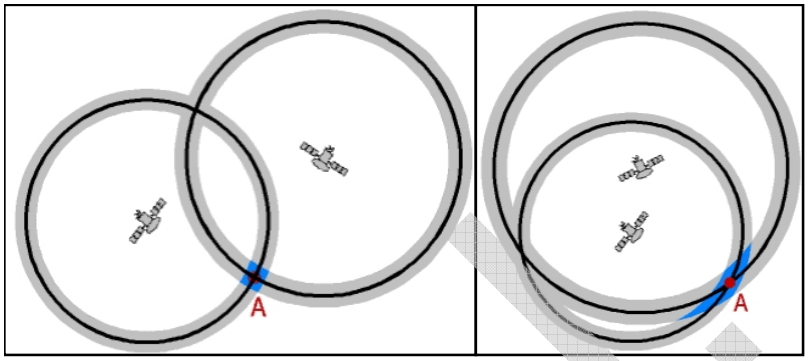


Figura 4-51

Muchos satélites concentrados podrían arrojar un error de entre 100 a 150 metros, dependiendo de los errores descritos anteriormente de cada satélite.

Dependiendo de las diferentes interfaces, ya sea directamente del GNSS o a través un FMS, diferentes variantes de DOP podrán ser visualizadas:

- **GDOP** (dilución geométrica de precisión): Indicador de la precisión total, respecto a la posición en 3-D más el tiempo o también llamada posición 4-D

- **PDOP** (dilución de posición de precisión): Indicador de la precisión de la posición; respecto a la posición en 3-D (Lateral, Longitudinal y Altitud)

- **HDOP** (Horizontal Dilution of Precision): Indicador de la precisión horizontal; respecto a la posición en 2-D (Lateral y Longitudinal)

- **VDOP (**dilución vertical de precisión): Indicador de la precisión vertical, respecto a la altura.

- **TDOP** (dilución de tiempo de precisión): Indicador de la precisión de la hora, el tiempo.

Mientras más alto sea el valor DOP, mayor error tendrá el sistema.

B.E.I.

4.16.1.6 Error Total del GNSS

El error total dependerá de los errores que contenga cada satélite, sin embargo ese error debe multiplicarse por la dilución de la precisión del sistema completo (cuando el valor DOP es mayor a 1). Por tanto el error promedio total por satélite se multiplica por el factor de dilución correspondiente ya sea total, horizontal, vertical y/o tiempo.

Aunque existen otros factores calculables, en términos generales el error total está dado por lo siguiente:

Error total= UERE X DOP

UERE: User Equivalent Range Error
(Error de exactitud de pseudorango)

DOP: Dilution of precisión
(Dilusión de la precisión)

4.16.1.7 Receptores Satelitales

Existen un sin número de receptores satelitales, sin embargo no todos están aprobados para el vuelo por instrumentos.

Los receptores deben cumplir requisitos estrictos, los cuales para chile, deben estar acorde con la TSO (Technical Standard Order) -C129 o C115 de la FAA (Federal Aviation Administration) de los Estados Unidos.

De acuerdo a esta Orden Técnica, los GPS o GNSS existen deferentes clases de sensores asociados a sistemas de navegación que se describen a continuación.

TSO-C129

Equipo de Clase	Posee RAIM	Instalación como sistema de navegación con RAIM.	Oceánico	En ruta	Terminal	Capacidad para aproximaciones No Precisas
Clase A - sensor GPS y capacidad navegación.						
A1	sí		sí	sí	sí	sí
A2	sí		sí	sí	sí	no
Clase B - Datos del sensor GPS integrados a un sistema de navegación (Ej.: FMS, multi-sensor de sistema de navegación, etc.)						
B1	sí		sí	sí	sí	sí
B2	sí		sí	sí	sí	no
B3		sí	sí	sí	sí	sí
B4		sí	sí	sí	sí	no
Clase C - Datos del sensor GPS integrados a un sistema de navegación (como en la Clase B), que proporciona control y guía a un piloto automático o director de vuelo, para reducir el Error Técnico de Vuelo (FTE).						
C1	sí		sí	sí	sí	sí
C2	sí		sí	sí	sí	no
C3		sí	sí	sí	sí	sí
C4		sí	sí	sí	sí	no

D.F.I.

Consulte su manual de vuelo para verificar en qué condiciones y fases de vuelo puede ser utilizado (Oceánico, Ruta continental, Área terminal y/o Aproximaciones).

4.16.2 GPS diferencial (DGPS)

DGPS es un método para mejorar la exactitud de los receptores GPS mediante la adición de una o más estaciones de referencia en tierra (o en el espacio) para aumentar la información disponible de los satélites. También mejora la integridad de todo el sistema GPS mediante la identificación de ciertos errores.

4.16.2.1 Funcionamiento del DGPS

El sistema consiste en estaciones basadas en tierra (o espacio) con posiciones conocidas. Estas estaciones reciben la señal de los satélites y realizan un cálculo para corregir los errores de estas señales, enviando nuevamente esta señal corregida a sus usuarios. El principio del DGPS con aplicación aeronáutica recibe actualmente la denominación de SBAS (Satellite-Based Augmentation System).

4.16.3 GPS Asistido (AGPS)

Este sistema fue introducido para aumentar la capacidad de teléfonos y dispositivos móviles. Su funcionamiento se basa en una pequeña antena receptora que recibe la información de almanaque y efemérides vía datos móviles (EDGE o 3G) o WIFI para una determinación más rápida de la posición. No obstante por las bajas capacidades de la antena, y al no contar con capacidad de bajar datos, la determinación de la posición podría tardar mucho o simplemente no producirse.

NOTA: No utilice dispositivos de telefonía celular para vuelo IFR, ya que los datos pueden no ser confiables debido al tipo de receptor y al no contar con información de efemérides en todo tiempo. Recuerde que sólo podrá utilizar receptores GNSS certificados para vuelos IFR.

4.17 SISTEMAS DE AUMENTACIÓN SATELITAL

4.17.1 Sistema de Aumento Basado en Aeronaves ABAS (Aircraft - Based Augmentation System).

Son sistemas detectan fallos en el envío de información al receptor por parte de uno o más satélites. En la actualidad se emplean dos sistemas. El AAIM (Aircraft Autonomous Integrity Monitoring) y el RAIM (Reciver Autonomous Integrity Monitoring).

4.17.1.1 AAIM (Aircraft Autonomous Integrity Monitoring)

Compara los datos del receptor GNSS con los otros sistemas de la aeronave. Verificación de la integridad se muestra en la cabina por el receptor GPS en conjunto con un sistema inercial o de un altímetro barométrico. **(Figura 4-52)**

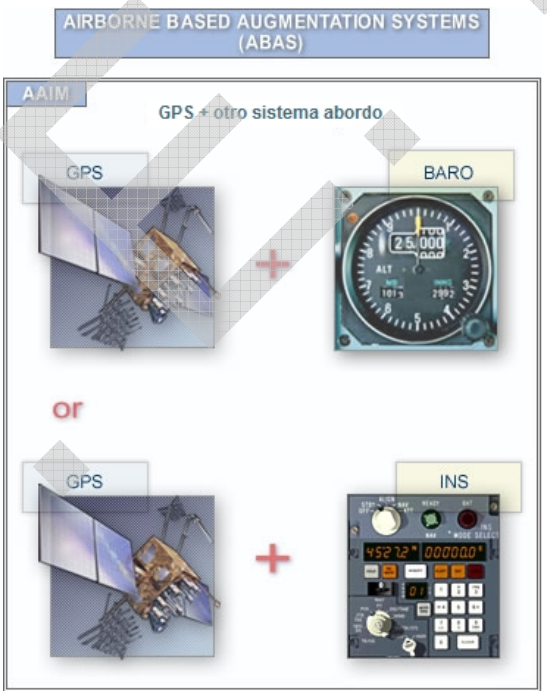


Figura 4-52.

4.17.1.2 RAIM (Reciver Autonomous Integrity Monitoring)

Compara una serie de estimaciones de posición dentro de la unidad GPS mediante las señales redundantes de satélites adicionales. Para ello utiliza el Sistema de Identificación y Exclusión de Fallas- FDE (**Figura 4-53**). Esta funcionalidad permite descartar el satélite defectuoso para seguir empleando el GNSS de forma normal. Se encuentra en la mayoría de las aeronaves que se desarrollan en la actualidad.

- Detección de fallas (FD) requiere 5 satélites: Si las posiciones estimadas comienzan a extenderse y superar un valor prefijado, el sistema acusa una falla de uno de los satélites.

- Detección de fallas y exclusión (FDE) requiere de 6 satélites: El receptor puede detectar por satélite, que está defectuoso y descarta los datos de posición recibidos de él.

La mayoría de los algoritmos RAIM parte de un solo satélite defectuoso.

El RAIM resuelve el problema de la dilución de la precisión para una precisión requerida en un lugar y tiempo determinado por el piloto. (**Figura 4-54)**.

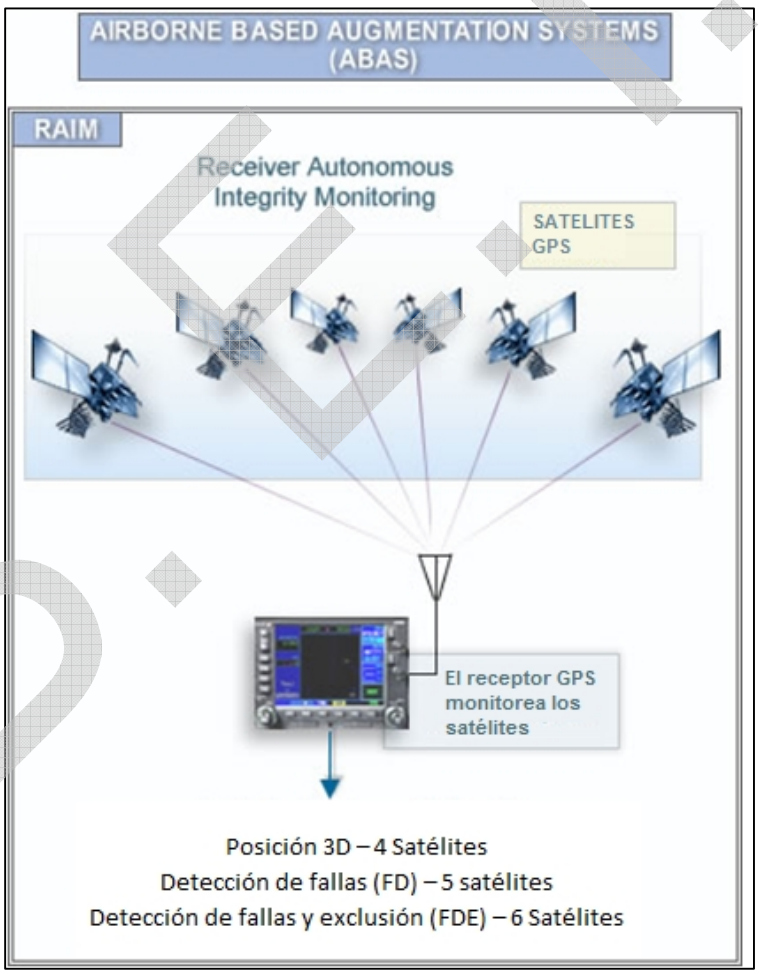


Figura 4-53

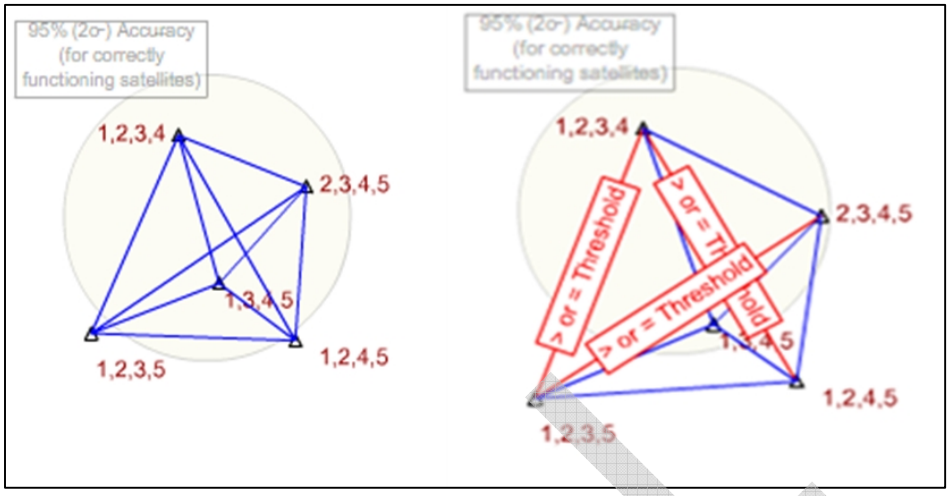


Figura 4-54

4.17.2 Sistema de aumentación basado en satélites: SBAS (Satellite - Based Augmentation System).

Se conoce como SBAS al conjunto de sistemas de aumento desarrollados por distintos países que se basan en el uso de estaciones mediante satélites geoestacionarios para mejorar las prestaciones de los actuales GPS y GLONASS usando el principio del DGPS.

En la Figura 4-55 podemos observar por distribución geográfica los SBAS que existen en la actualidad. Son sistemas que poseen una amplia cobertura y que por tanto tratan de mejorar en esas zonas las prestaciones del servicio de GPS y GLONASS.

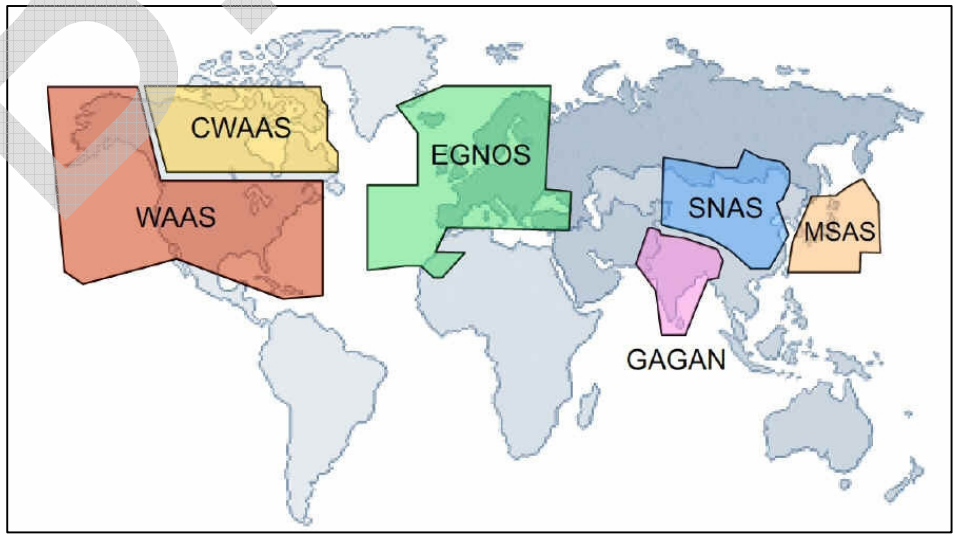


Figura 4-55

Entre las funciones de mejora que ofrecen dichos sistemas destacamos:

- Aumenta la precisión de GPS y GLONASS: mientras que estos sistemas tienen una precisión de unos 10-70 metros, los SBAS ofrecen una precisión de entre 1 y 10 metros, variando de un sistema a otro.

- Incrementa la integridad del sistema informando de posibles fallos en satélites con mayor rapidez. Los SBAS alcanzan este requisito, siendo así imprescindibles para ciertas aplicaciones como aproximaciones de mayor precisión

- Incrementa la disponibilidad. Actualmente el GPS tiene una disponibilidad del 95-98%, mientras que sistemas SBAS como el EGNOS tienen una disponibilidad de hasta el 99.97%.

Otras prestaciones y la cobertura, quedan limitadas a la región del sistema de aumento, y la continuidad de servicio depende del propio sistema GPS o GLONASS, por tanto no dejan capacidad de control de este factor a los países explotadores del SBAS específico.

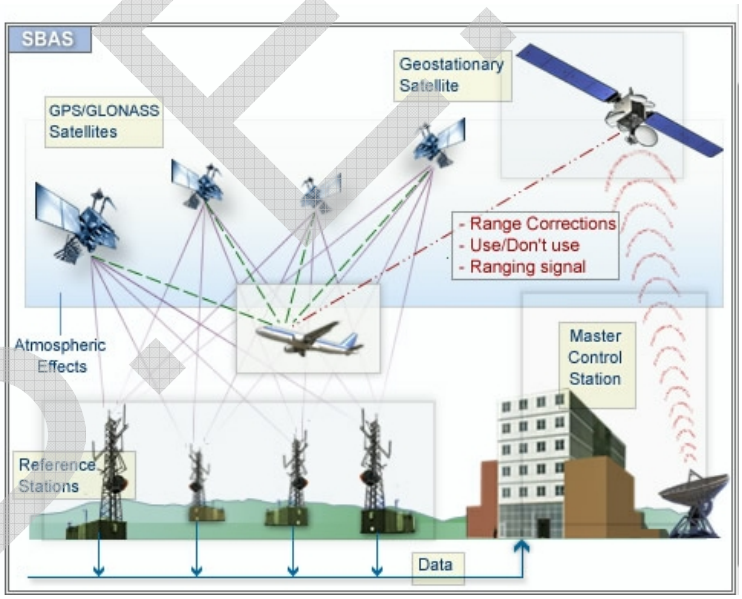


Figura 4-56

La arquitectura básica de todos los sistemas SBAS están conformados al igual que el GNSS por los segmentos terrestre y espacial. **(Figura 4-56)**

- **Segmento terrestre**: una red de estaciones terrestres de referencia distribuidas por una amplia zona geográfica que monitorean a los satélites GEO.

- **Segmento espacial**: formado por el uno o varios satélites GEO. El funcionamiento es sencillo, el segmento de tierra retransmite los datos a una instalación de procesamiento central en donde se evalúa la validez de las señales y se calcula correcciones a los datos cada satélite.

Para cada satélite GPS o GLONASS vigilado, el SBAS estima los errores en los parámetros, y a su vez aplica las correcciones, que serán transmitidas a los satélites GEO y estos los transmitirán a los receptores GNSS. Además el sistema abordo informa que satélites utilizar y cuáles no en un lapso promedio de 6 segundos.

A pesar que en Chile puede recibir información de satélites GEO del sistema WAAS, el servicio no está disponible debido a que el modelo de corrección de error de capa ionosférica no es aplicable al hemisferio sur.

4.17.3 Sistema de aumento basado en tierra: GBAS o GLS (GNSS Landing System)

Nace con el fin de dotar de mayor precisión al GPS y GLONASS especialmente orientado al tráfico aéreo de áreas terminales.

Los sistemas GBAS se diferencian de los SBAS en que ellos no dependen de los satélites Geoestacionarios (GEO), debido a que el GBAS no está diseñado para brindar su servicio sobre amplias regiones geográficas, se emplea en distancias cortas.

LAAS (Local Area Augmentation System) es el nombre que le ha dado la FAA a su GBAS.

El funcionamiento es sencillo, el GBAS vigila las señales GPS ó GLONASS en un aeropuerto y transmite correcciones diferenciales de distancia, mensajes de integridad locales y datos de aproximación directamente al receptor de a bordo mediante una radiodifusión de datos VHF. **(Figura 4-57)**

D.R.I.

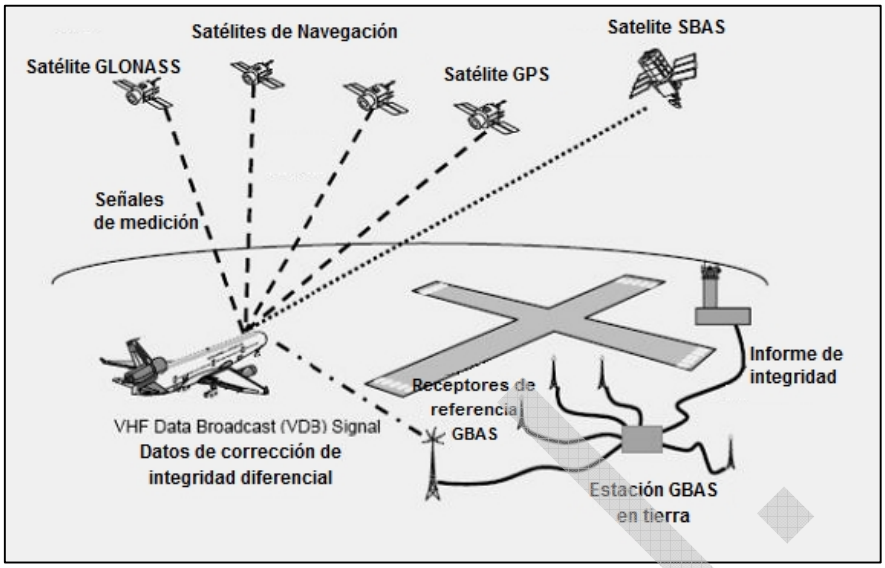


Figura 4-57

El GBAS tiene muchas ventajas a pesar de ser un sistema local:

- Abarca un área entre 20 y 30 MN, pudiendo beneficiar a más de un aeródromo.
- Permite aproximaciones de precisión equivalentes a ILS CAT III, es decir con hasta 1 metro de error.
- Múltiples aproximaciones para el área de recepción (hasta 49).
- Diseño de aproximaciones en curva, eliminado las zonas de no trasgresión de pistas paralelas.
- Elimina las áreas críticas del ILS en calles de rodajes. **(Figura 4-58)**
- Posibilidad de establecer SID y STAR con la misma precisión.

Posibilidad de aproximar a diferentes umbrales de una misma pista (en caso de reparaciones, por ejemplo).

Figura 4-58. Diferencia entre la señal emitida por un ILS y un GBAS.

4.18 PERFORMANCE BASED NAVIGATION- PBN (Navegación Basada en la Performance).

La Navegación Basada en la Performance, reúne todos los conceptos basados en la navegación de área RNAV para distintas aplicaciones. Conceptos como RNAV, RNP y sus distintas aplicaciones serán explicados a continuación.

4.18.1 Concepto Navegación Basada en la Performance.

Es la Navegación de Área (RNAV) basada en los requisitos de performance para las aeronaves que operan a lo largo de una ruta ATS, en un procedimiento de aproximación por instrumentos o en un espacio aéreo designado.

Este concepto viene a estandarizar terminología y su aplicación en operaciones que hace años se vienen realizando en todo el mundo.

Además deja en claro cómo deben ser usados los sistemas RNAV para cada caso. Dentro de la aplicación en el espacio aéreo, la navegación basada en la performance está compuesta por tres elementos:

4.18.1.1 Ayudas a la Navegación

Se refiere a las ayudas basadas en tierra (VOR, DME, ente otros), espaciales (GNSS) y abordo (INS, IRS, etc.) que proporcionan y ayudan al posicionamiento de la aeronave.

4.18.1.2 Especificación de Navegación

Es aquella que define la performance requerida a usar del sistema RNAV, incluyendo los sistemas a bordo y los requisitos de las tripulaciones aéreas para el uso de la definida performance (Ej: RNAV 5, BASIC-RNP 1, RNP APCH, RNP AR APCH).

Las especificaciones de Navegación con el designador pueden variar entre los Estados, ya que dependen de la infraestructura de ayudas a la navegación disponibles que posea el Estado. Esto es debido a que la aplicación de un tipo de navegación PBN es tomando en cuenta la especificación de navegación en conjunto con las ayudas disponibles en un espacio aéreo determinado.

Una misma de especificación entre dos estados puede que contengan diferentes sensores para su misma aplicación. A su vez para que una aeronave pueda navegar entre estos estados debe contar con la aprobación de ambos en cuanto a la especificación misma, sensores para dicha especificación, y tripulación y entrenamiento para ella. En conclusión

reglamentariamente las especificaciones RNAV-5 de dos estados podrían ser completamente diferentes. Consulte los requerimientos RNAV-5 en el capítulo Nº 6 “Planificación” del presente manual.

El número de la designación representa la precisión mínima de navegación lateral en millas náuticas (MN) que se debe mantener al menos el 95% del tiempo de vuelo.

La exactitud de este límite está determinado por la combinación de todos los errores de los sistemas de navegación abordo conocido como “Total System Error” (TSE).

La performance requerida para un determinado espacio aéreo, al igual que el GNSS, está definida en términos de Precisión, Integridad, Continuidad y Disponibilidad.

4.18.1.3 Aplicación de Navegación

Corresponde como su nombre lo dice, a la aplicación de las especificaciones de Navegación por parte de los estados en espacios aéreos determinados.

Especificación para la navegación, que se define a nivel regional (estado), puede limitar el número de sensores de navegación a bordo requeridos para que coincida con la infraestructura de las ayudas para la navegación existentes. **(Figura 4-59)**

Figura 4-59

En la Figura 4-60 podemos ver un ejemplo de cómo las especificaciones son pueden ser aplicadas a diferentes áreas de operación por cada estado en particular y en la Figura 4-61 una tabla con la aplicación de las especificaciones RNAV de la OACI del manual PBN.

AREA DE OPERACIÓN	APLICACIÓN	AYUDAS DISPONIBLES				COMUNICACIONES		VIGILANCIA		RESTRICCIONES		ESPECIFICACIÓN
		IRS	GNSS	DME/DME	VOR/DME	SÓLO RADIOTELEFONIA (VOZ)	VOZ + DATALINKS (CPDLC & ADS-B)	NO	SI	NO	SI	
OCEANICA*	EN RUTAS ATS	-	X	-	-	X	-	X	-	X	-	RNAV 10
		-	X	-	-	-	X	X	-	X	-	RNAV 10 o RNP4
		-	X	-	-	-	X	X	-	-	X	RNP 4
		X	-	-	-	-	X	X	-	X	-	RNAV 10, GNSS no estan disponibles en todas las aeronaves, la separación se debe mantener dentro de 50nm.
		X	-	-	-	X	-	X	-	X	-	
REMOTA CONTINENTAL		X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	
		-	X	-	-	X	-	X	-	X	-	RNAV 10
		-	X	-	-	-	X	X	-	X	-	RNAV 10 o RNP4
		-	X	-	-	-	X	X	-	-	X	RNP4
RUTAS CONTINENTALES		-	X	X	X	X	-	-	X	-	-	RNAV 5
		X	X	X	-	X	-	-	X	-	-	RNAV 1
		-	X	X	-	X	-	X	-	-	-	RNAV 1 (Requiere estudio de seguridad po no contar con vigilancia)
		-	X	X	-	X	-	-	X	-	-	- RNAV 2 o - RNAV1 pero con DMEs adecuados
		-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	No se aplica
		-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	RNAV 1
TERMINAL	SIDs Y STARs	-	X	X	-	X	-	-	X	-	-	- RNAV 2 o - RNAV1 pero con DMEs adecuados
		X	X	X	-	X	-	-	X	-	-	RNAV 1
		-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	RNP 1 BÁSICO
		-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	RNP 1 BÁSICO o RNAV 1 (sólo GNSS)
APROXIMACION**	APROXIMACIONES	-	X	-	-	X	-	X	-	X	-	RNP APCH
		-	X	-	-	X	-	-	X	X	-	
		-	X	-	-	X	-	X	-	-	X	RNP AR APCH
		-	X	-	-	X	-	-	X	-	X	

* Restricciones por Alto tráfco con separación lateral/logitudinal de 30 MN (para tráfico Bajo de 50 MN).

** Restricciones aplicadas por zona geográfica, obstáculos, tráfico, etc.

Figura 4-60

Figura 4-61

4.18.2 RNAV (Navegación de Área)

Especificación para la navegación	Fase de vuelo							
	En ruta oceánica/remota	En ruta continental	Llegada	Aproximación				Salida
				Inicial	Intermedia	Final	Frustrada	
RNAV 10	10							
RNAV 5		5	5					
RNAV 2		2	2					2
RNAV 1		1	1	1	1		1[b]	1
RNP 4	4							
RNP 1 Básica			1[a,c]	1[a]	1[a]		1[ab]	1[a,c]
RNP APCH				1	1	0,3	1	

a. El uso de la aplicación de navegación está limitado a las STAR y SID únicamente.
b. La aplicación puede usarse después del ascenso inicial en una fase de aproximación frustrada únicamente.
c. Más allá de las 30 NM de distancia del punto de referencia de aeródromo (ARP), el valor de precisión para la alerta pasa a ser 2 NM.

Navegación de Área es, según definición OACI, "un método de navegación que permite la operación de aeronaves en cualquier trayectoria de vuelo deseada dentro de la cobertura de la estación de referencia, ayudas para la navegación o dentro de los límites de la capacidad de las ayudas autónomas, o una combinación de éstos".

Antes de este método de navegación era realizado mediante rutas estructuradas establecidas entre ayudas (terrestres), actualmente conocido bajo el concepto "Navegación Convencional". **(Figura 4-62)**

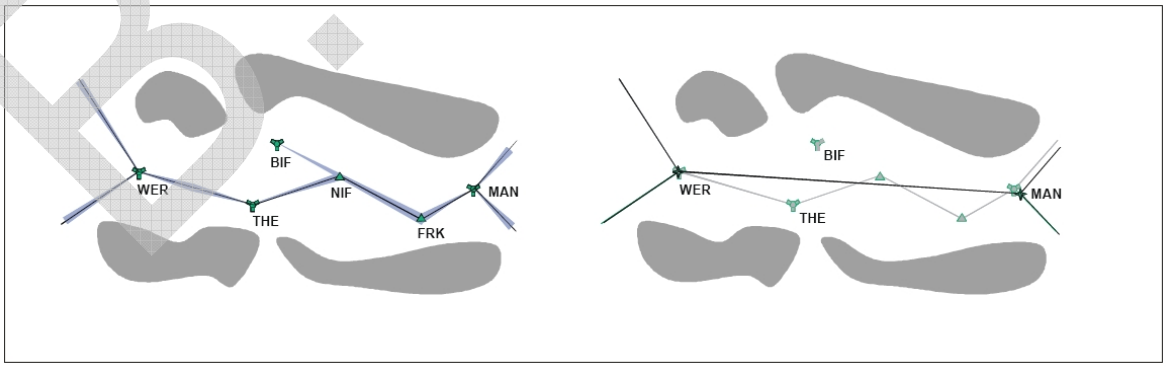


Figura 4-62

Actualmente la mayoría de las aeronaves tienen un computador abordo o sistema que puede realizar los cálculos para la navegación de área. Los sistemas RNAV utilizan ayudas para determinar la posición de la aeronave, estas ayudas pueden ser terrestres (VOR, DME, etc.), espaciales (GPS, GNSS, etc.) o sistemas autónomos (INS, IRS, etc).

Una combinación de estas ayudas determinará de forma más exacta los requerimientos de precisión, integridad, continuidad y disponibilidad para la posición y navegación de la aeronave. Normalmente esta combinación está centralizada y administrada por un sistema FMS o FMC.

Las rutas RNAV son aquellas rutas definidas por ATS establecidas para ser utilizadas por aeronaves que posean esta capacidad. Estas rutas son definidas por puntos significativos llamados “Waypoints” establecidos por coordenadas geográficas para formar una trayectoria de vuelo en cualquier dirección.

La ruta de vuelo prevista es creada por el piloto, seleccionando o introduciendo una serie de waypoints con la Unidad de Control RNAV.

4.18.2.1 Sistemas RNAV

Un sistema RNAV está diseñado y certificado para proporcionar un determinado nivel de precisión de navegación.

La navegación de área está disponible para el uso de un sistema abordo (referido como un sistema RNAV), que puede, o no, tener una base de datos de navegación integrado, sin embargo para especificaciones RNAV como tales, deben poseer esta base de datos.

El sistema RNAV define la ruta de vuelo deseada mediante la vinculación de los waypoints y utiliza la base de datos (si existe) para acceder a los detalles de los puntos. Cuando el sistema no posea base de datos que el piloto debe insertar todos los datos del waypoint. Como ejemplo los primeros sistemas RNAV utilizaban un computador para establecer waypoints en relación a intersecciones de radiales y arcos entre distintos VORs a lo largo de una ruta.

El sistema RNAV confirmará la validez de los datos de cada sensor y, en la mayoría de los casos, confirmará también la congruencia de los datos antes que se usen.

Los datos GNSS están sometidos a las verificaciones de integridad y precisión cuando se requiera para la aceptación del cálculo de la posición y la velocidad de navegación.

Normalmente los datos DME y VOR están sujetos a una serie de verificaciones de “racionalidad” antes que sean aceptados para la verificación de la posición en el caso de los FMS.

En los sistemas RNAV multisensor, si el GNSS no está disponible para estos cálculos, quizá el sistema pueda seleccionar automáticamente un modo de actualización de menor prioridad como DME/DME o VOR/DME. Si

estos modos por límite de radio no están disponibles o su selección fue anulada, entonces el sistema podrá volver automáticamente a la navegación inercial (INS/IRS). En los sistemas de un solo sensor, la falla del sensor puede llevar a un modo de operación a estima.

4.18.2.2 Angulo de corte y dilución de la precisión (DME/DME) de los sistemas RNAV.

Desde el año 1989 los DME poseen una precisión de +/- 0.2 MN. Debido a este error inherente a la radioayuda es que el FMS discrimina cuando utilizar la fuente DME/DME como fuente válida para posicionamiento.

Cuando 2 estaciones son seleccionadas, el computador abordo calcula el ángulo de corte de los radios DME para determinar la dilución de precisión o error de exactitud de la fuente.

En la figura 4-63 podemos ver el traslape de ambos radios respecto a diferentes posiciones de la aeronave.

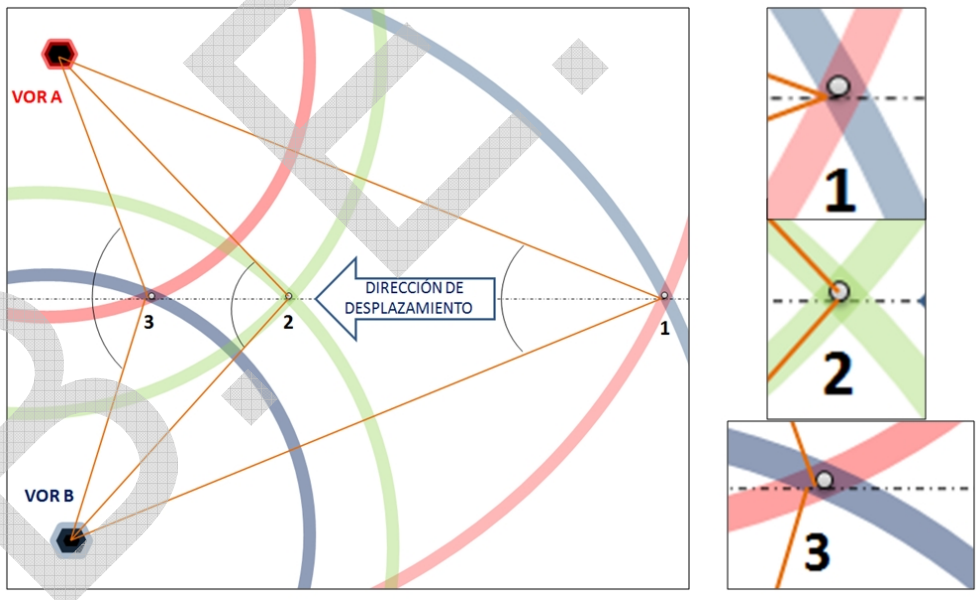


Figura 4-63

En la posición 1 el ángulo de corte de ambas lecturas DME es de 30°, en donde el traslape hace la posición más imprecisa lateralmente respecto a la trayectoria.

A medida que la aeronave se va desplazando su ángulo de corte aumenta siendo los 90° (posición 2) el ángulo que proporciona una mejor precisión de posicionamiento (dilución de precisión óptima).

Al llegar a la posición 3, el ángulo es de 150° y tiene una precisión similar al punto 1 pero ahora su error es en el eje longitudinal de la trayectoria.

Más allá de los 30° y los 150° el error será mayor. En las posiciones 1 y 3 el margen de error es de +/- 4 MN.

La distancia DME para posicionamiento sólo es usada cuando el ángulo de corte está entre los 30° y 150° independiente de la posición de la aeronave. **(Figura 4-64)**

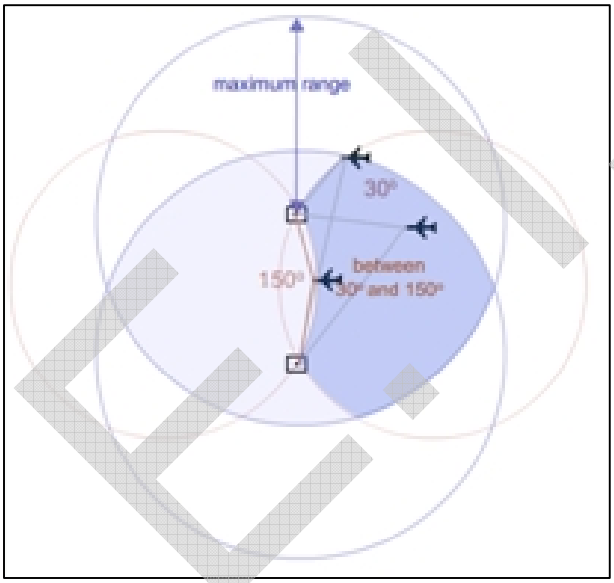


Figura 4-64

4.18.2.3 Funciones de los sistemas RNAV

No todos los sistemas RNAV son igual, sin embargo son similares en su funcionamiento básico. Un sistema RNAV integra información de sensores, base de datos interna y capacidad de ingreso de datos por los pilotos que proporcionan funciones de:

- Navegación.
- Administración de un Plan de Vuelo
- (referenciado en waypoints y no en radioayudas)
- Guía y control para la aeronave.
- Información en pantalla y sistemas de control.

La figura 4-65 muestra la relación de las deferentes funciones en un sistema RNAV.

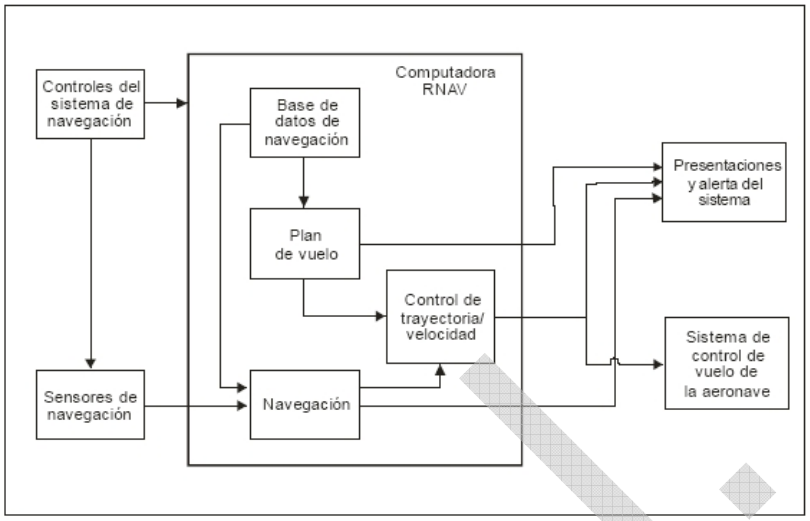


Figura 4-65

La función Navegación calcula los datos que incluyen la posición de la aeronave, la velocidad, trayectoria, etc. Estos datos se muestran en la pantalla de navegación (Navigation Display - ND) o un CDI y puede aparecer en el director de vuelo (FD) alimentando también al piloto automático. (Figura 4-66)

El sistema RNAV proporciona guía lateral mediante la comparación de la posición del avión, estimado por la función de navegación, con la ruta definida lateral para generar comandos de dirección.

Debido a una serie de factores, se producen desviaciones debido a que:

- La ruta definida no coincide exactamente con la trayectoria deseada, o
- La posición real de la aeronave no puede coincidir con la posición estimada.

B.E.I.

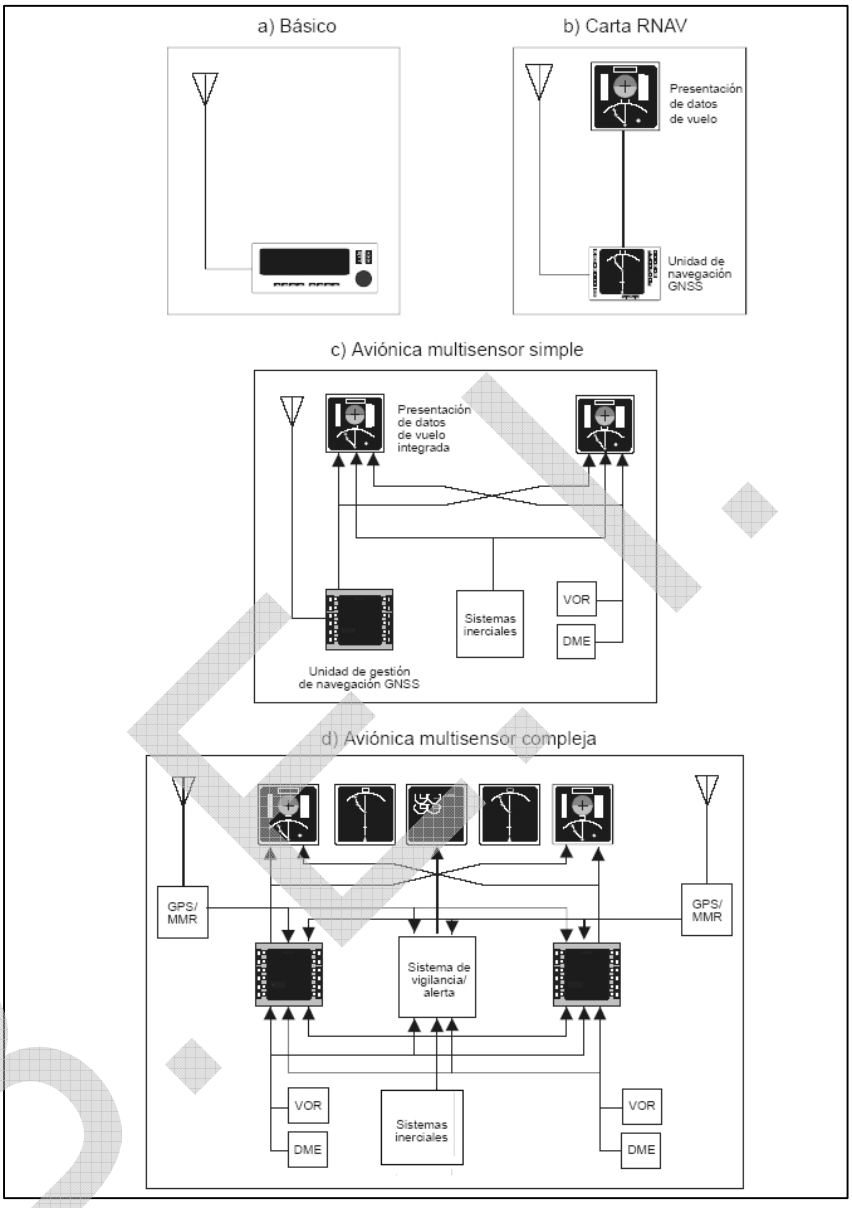


Figura 4-66

La precisión de navegación requerida de una aeronave debe tener en cuenta todos los errores. Esto se traduce en el error total del sistema (Total System Error - TSE).

4.18.2.4 Error total del sistema (Total System Error)

Es diferencia entre la posición real y la posición deseada de la aeronave. Este error es la suma del error del sistema de navegación, error técnico de vuelo y el error de definición de trayectoria. **(Figura 4-67)**

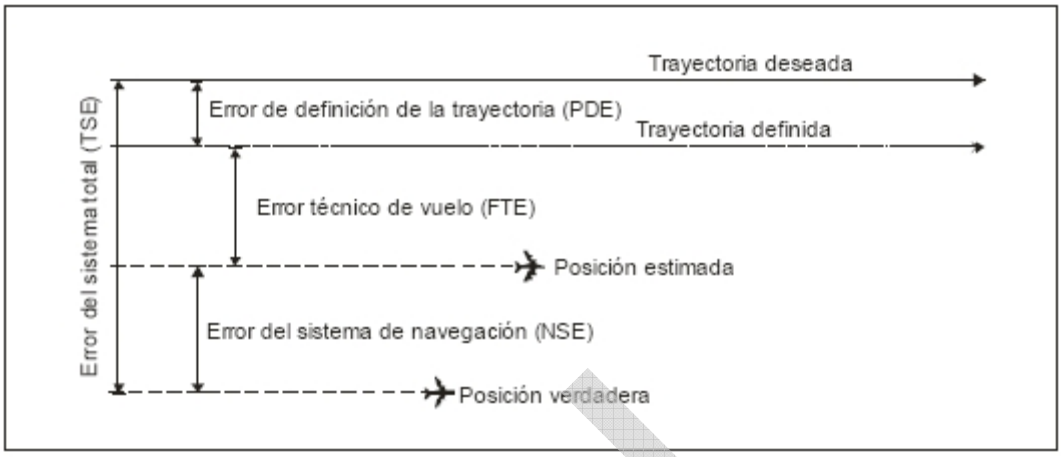


Figura 4-67

Las definiciones de los errores se detallan a continuación:

PDE: Error de Definición de la trayectoria. Es la diferencia entre la trayectoria definida y la trayectoria deseada en un punto específico. Esto se produce cuando la ruta definida es diseñada en un sistema de coordenadas distinto para el cual trabaja en FMS/FMS.

FTE: Error técnico de vuelo. Es producido por el sistema de guía de la aeronave (Director de vuelo y/o Piloto Automático) respecto a las trayectorias laterales y verticales estimadas por el sistema de navegación. La tripulación de vuelo puede observar el FTE en la CDU del FMS/FMC o por la representación del avión fuera de la ruta en la pantalla de navegación. Este error que puede ser controlado por la tripulación de vuelo

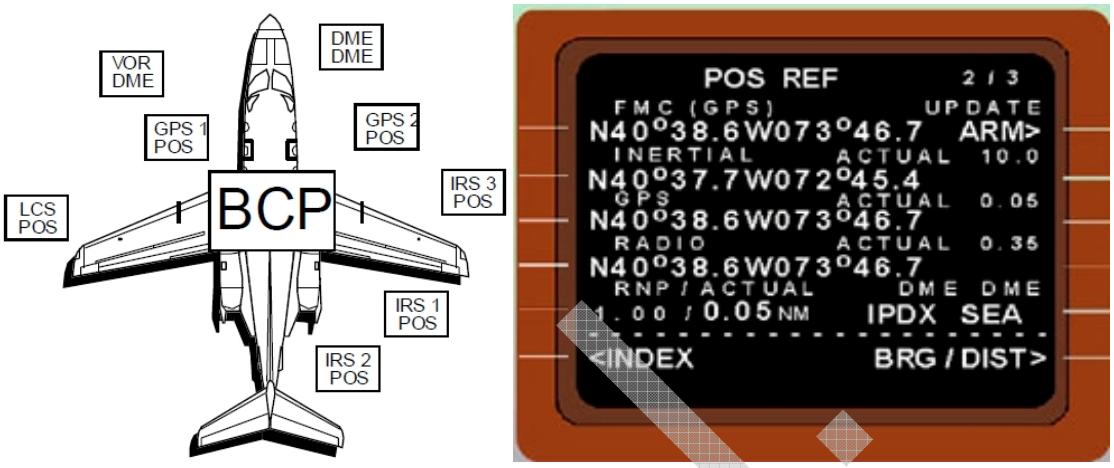
NSE: Error de sistema de navegación. Es la diferencia entre la posición real y la posición estimada. Esto es a veces también se conoce como error de estimación de posición (PEE).

El sistema indica la precisión de la posición, según lo determinado por las fuentes de navegación del FMS, y si coincide con la posición real de la aeronave.

El radio del círculo de posición para la mejor posición calculada FMS se conoce como la performance de navegación actual (ANP - Actual Navigation Performnce). Dado que las fuentes del avión de navegación y sensores no son perfectos, una diferencia o error puede existir entre la posición estimada o calculada, y la posición real del avión.

El FMS calcula la mejor posición computada (BCP). Si algún sensor falla o la información del sensor no llega al sistema (es deseleccionada), el valor ANP aumentará haciendo la navegación menos precisa. **(Figura 4-68)**

B.F.I.



(Figura 4-68)

4.18.3 RNP (Required Navigation and Performance)

Esto hace principal referencia a las especificaciones para la navegación. La diferencia principal entre con RNAV es que RNP requiere sistema de monitoreo y alerta de integridad de la performance a bordo.

En la figura 4-69 se puede observar la diferencia de las especificaciones de la PBN (se exceptúan para aproximaciones).

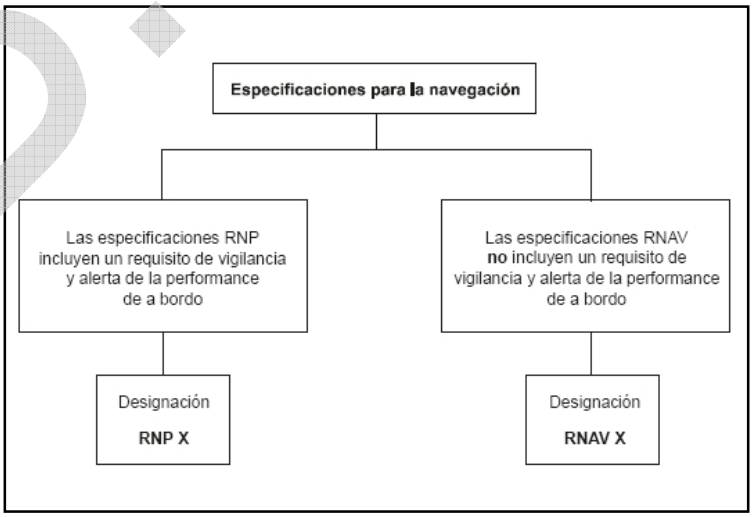


Figura 4-69

4.18.3.1 Performance lateral

La PBN actualmente está limitada a operaciones con requisitos de performance lateral lineal **(Figura 4-70)**, por ello las operaciones con requisitos laterales angulares no están consideradas en este concepto (Ej.: Aproximaciones con guía vertical GNSS APV, o aproximaciones GLS). **(Figura 4-71)**

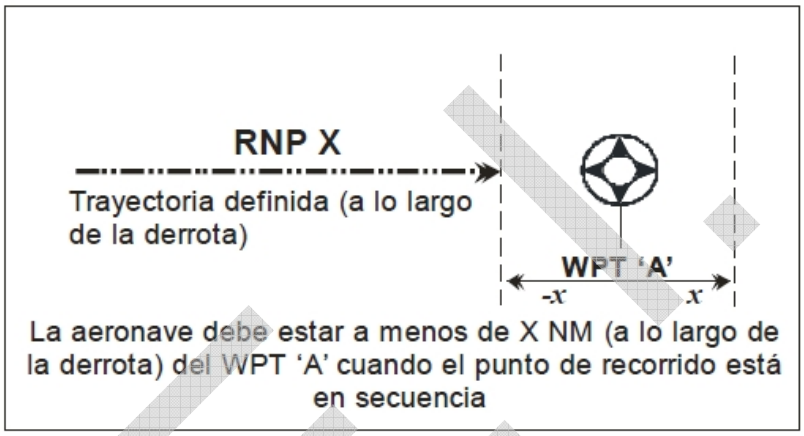


Figura 4-70

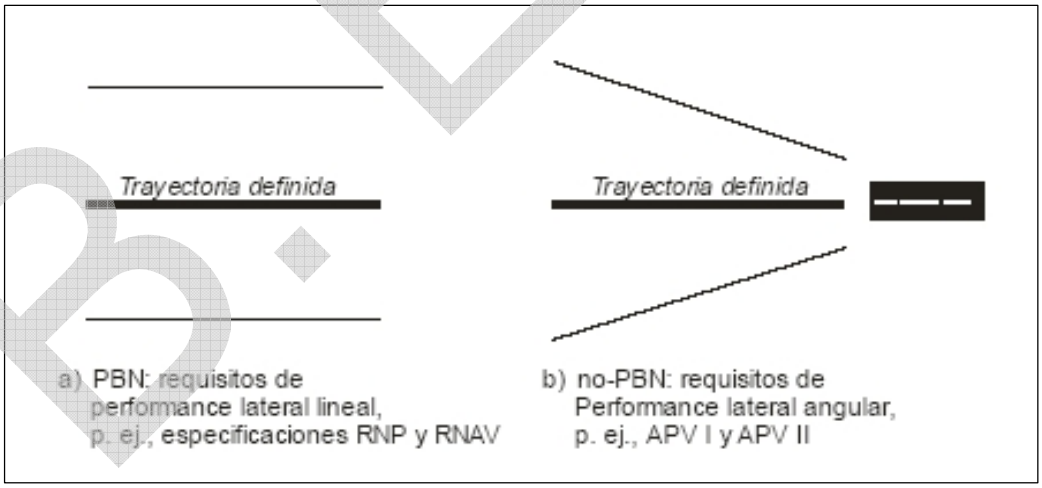


Figura 4-71

4.18.3.2 Performance vertical

Los sistemas VNAV barométricos no poseen alerta de error en la posición vertical de la aeronave ni muestran una relación entre la performance desarrollada y el límite requerido, por tanto no son considerados como sistema RNP vertical.

4.18.3.3 Requisitos funcionales de navegación

Todas las especificaciones de la PBN (tanto RNAV como RNP) deben cumplir con los siguientes requisitos en sus sistemas para la navegación.

- Indicación continua de la posición de la aeronave en relación a la derrota o ruta, que debe ser mostrada al piloto que lleva los mandos en su campo visual principal.

- Información de distancia y rumbo al próximo punto de la ruta.

- Información de Velocidad Terrestre (GS) o tiempo al próximo punto de la ruta.

- Función de almacenamiento de datos de navegación.

- Indicación de fallas de sistemas RNAV, incluyendo sus sensores.

4.18.3.3.1 Waypoints

Es un punto establecido por coordenadas geográficas (en WGS84) y es identificado por:

- Nombre código unico de 5 letras.

- Por 3 letras estandarizadas OACI cuando corresponde a una radioayuda (Ej.: AMB).

- Para Áreas Terminales por un código alfanumérico (Ej.: DF410).

Además existen dos modos en que la aeronave puede volar un waypoint:

Fly-by: Un punto de referencia que requiere anticipación del viraje para permitir la interceptación tangencial del siguiente tramo de una ruta o procedimiento, o

Fly-Over: Un punto de referencia en el que se inicia el viraje para incorporarse al siguiente tramo de una ruta o procedimiento.

Para las operaciones en ruta la mayoría de los puntos de interés son tratados como "fly-by", aunque algunas especificaciones para la navegación

B.E.I.

pueden permitir la opción de volar sobre el punto.

4.18.3.3.2 Fly-Over

Todas las aeronaves con capacidad RNAV pueden realizar virajes en waypoints Fly- Over. El avión comienza a virar hacia el próximo track cuando pasa por el punto de referencia.

La desventaja con el waypoint Fly- Over es que el avión debe sobre-volar el punto de referencia con el fin de retornar a la trayectoria siguiente deseada. Esta nueva incorporación de retorno en la trayectoria deseada posterior al viraje puede no ser coherente debido a que las aeronaves desarrollan performances diferentes. **(Figura 4-72)**

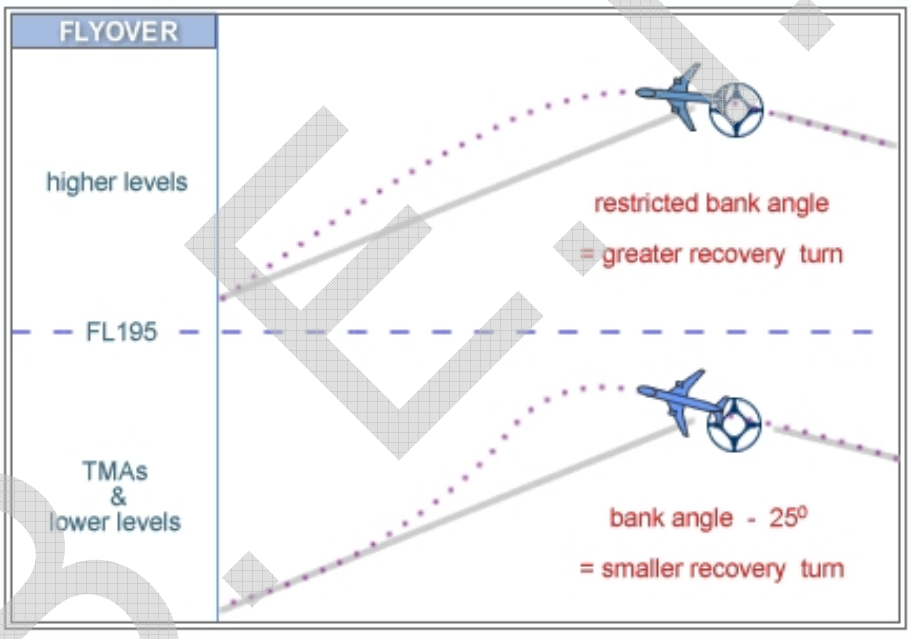


Figura 4-72

4.18.3.3.3 Fly-By

La mayoría de los aviones con capacidad para navegación de área tienen esta funcionalidad. El sistema RNAV de la aeronave se anticipa al viraje. El viraje comienza a cierta distancia antes del waypoint para permitir la interceptación tangencial del siguiente tramo de una ruta o procedimiento. El inicio del viraje dependerá del ángulo de inclinación alar máxima de la aeronave y la velocidad.

Todos los virajes se ven afectados por velocidad verdadera (TAS) y la velocidad del viento. Por lo tanto, el rendimiento de estos virajes no será el mismo. **(Figura 4-73)**

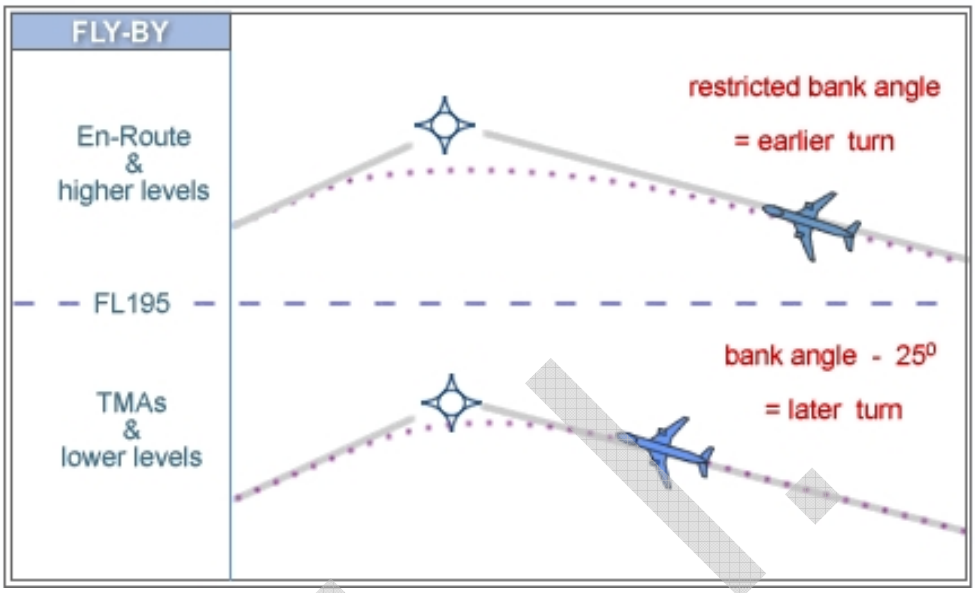


Figura 4-73

4.18.4 Funcionalidades de viraje especiales en la performance

4.18.4.1 Trayectorias curvas

Las trayectorias curvas se utilizan para asegurar la predicción para la mantención de una trayectoria constante en el viraje. Actualmente sólo algunas aeronaves poseen esta funcionalidad. El avión realizará siempre un viraje definido en relación a una trayectoria terrestre. En este proceso el avión comienza el viraje en un punto definido y ajusta automáticamente el ángulo de inclinación alar para mantener un radio constante respecto a un punto específico.

Existen dos tipos de trayectorias curvas que se explican a continuación:

4.18.4.1.1 Transición de radio fijo (Fixed Radius Transitions – FRT)

Estas trayectorias son utilizadas en rutas ATS RNAV designadas para tal efecto, normalmente utilizadas a grandes altitudes. Se deben definir la forma que estas trayectorias transicionan entre los waypoints de modo que aeronaves de diferentes performances puedan seguir la ruta de igual forma **(Figura 4-73)**. Para ello se deben definir los path terminators adecuados.

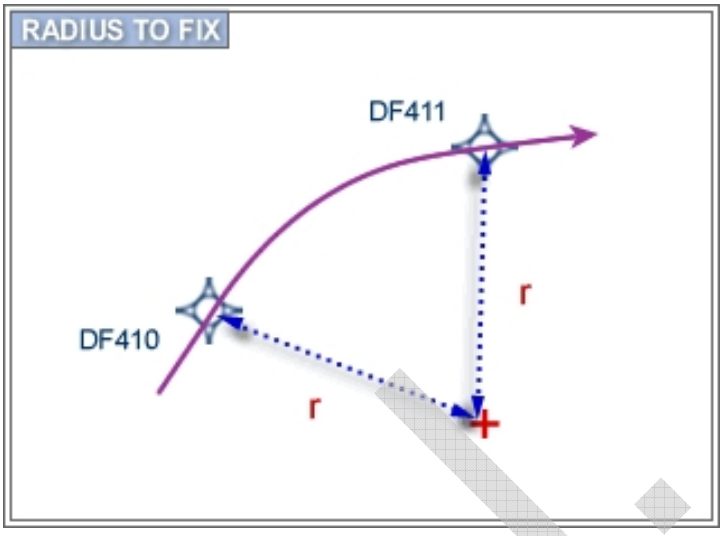


Figura 4-73

Radio Fijo a un punto (Radius to Fix – RF)

Esta funcionalidad sólo se utiliza para las salidas o Standard Instrument Departures (SIDs), las rutas normalizadas de llegada (STARs) las aproximaciones RNAV (RNP) AR APRCH. Consiste en un viraje entre dos waypoints basado en un radio definido por un tercer fix de referencia el cual no aparece visualizado en la base de datos por parte de la tripulación. **(Figura 4-73)**

Estas trayectorias permiten que la aeronave mantenga la trayectoria en viraje más precisa. **(Figura 4-74)**

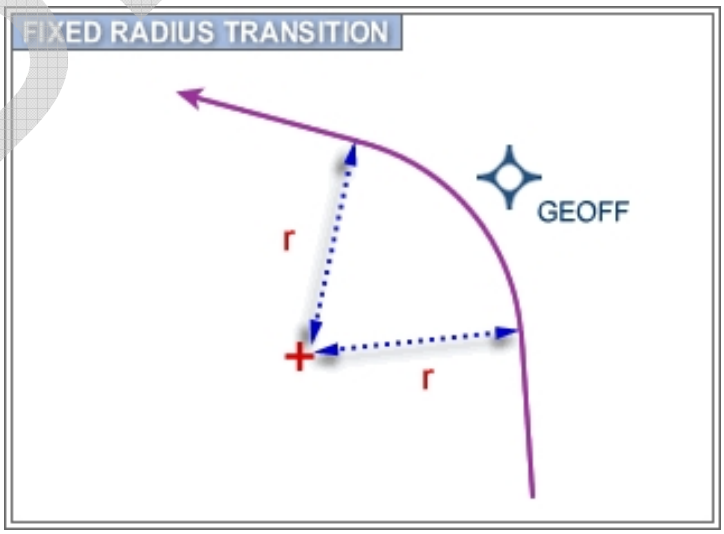


Figura 4-73

B.E.I.

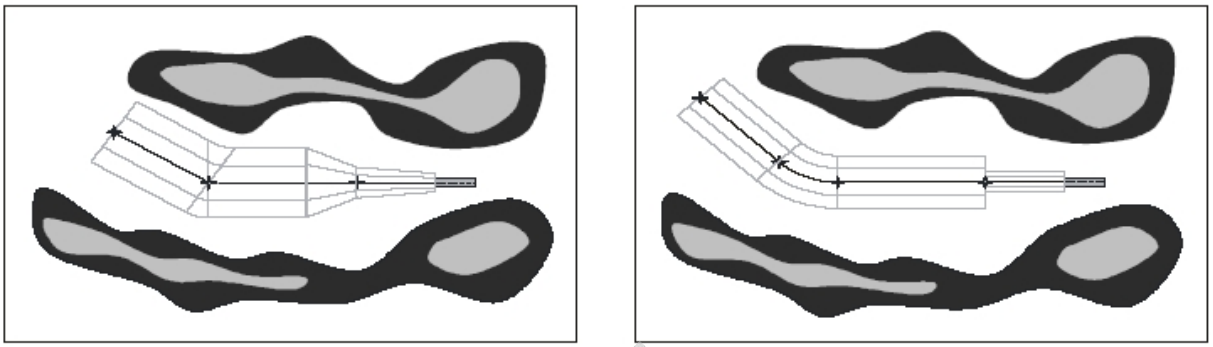


Figura 4-74

4.18.5 Trayectoria lateral desplazada

También conocida como Crosstrack (XTR), es aquella en que una aeronave se separa lateralmente de la ruta original. Los sistemas RNAV actuales permiten el desplazamiento lateral que normalmente va desde 1 a 10 MN. Cuando la tripulación activa este modo, el sistema RNAV sale de la ruta definida e interceptará la ruta lateral especificada normalmente con 45º o menos respecto a la ruta inicial. **(Figura 4-75)**

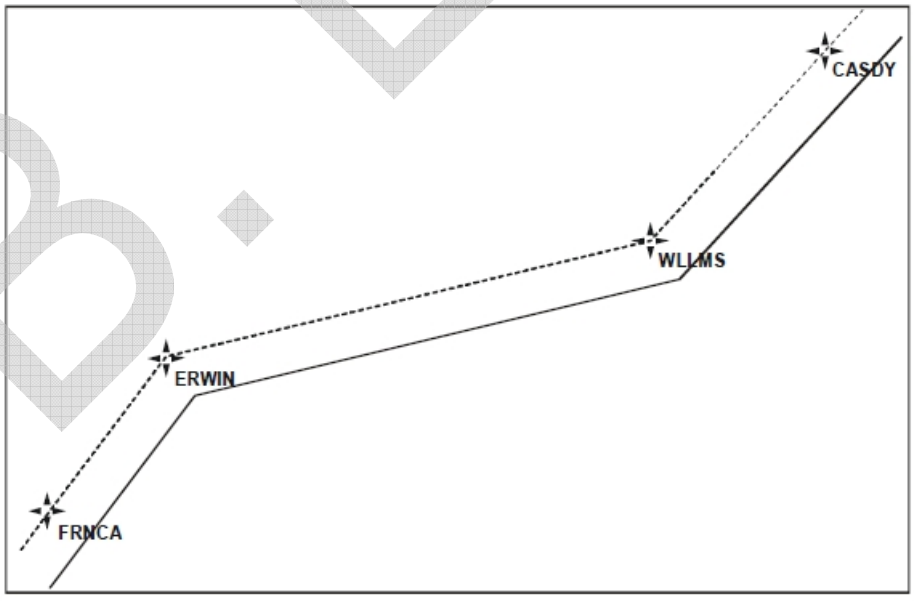


Figura 4-75

La tripulación podrá cancelar este modo y la aeronave retornará a la ruta original de la misma forma anterior. La mayoría de estos sistemas están diseñados para cancelar el modo de trayectoria lateral en forma automática

al entrar en un área terminal, al ingreso de un circuito de espera, al estar próximo a iniciar una aproximación y al establecer cambios de rumbo de más de 90º respecto a la ruta.

4.18.6 Circuitos de espera RNAV

Existen sistemas que son capaces de determinar el ingreso y mantención de un circuito de espera. Estos pueden ser parte de la base de datos o bien ser establecidos manualmente por el usuario. Cuando provienen de una base de datos, normalmente corresponden a circuitos publicados en cartas de llegada (STAR), en cartas TMA, o a los circuitos de la aproximación (normalmente sobre el IAF y de la frustrada publicada).

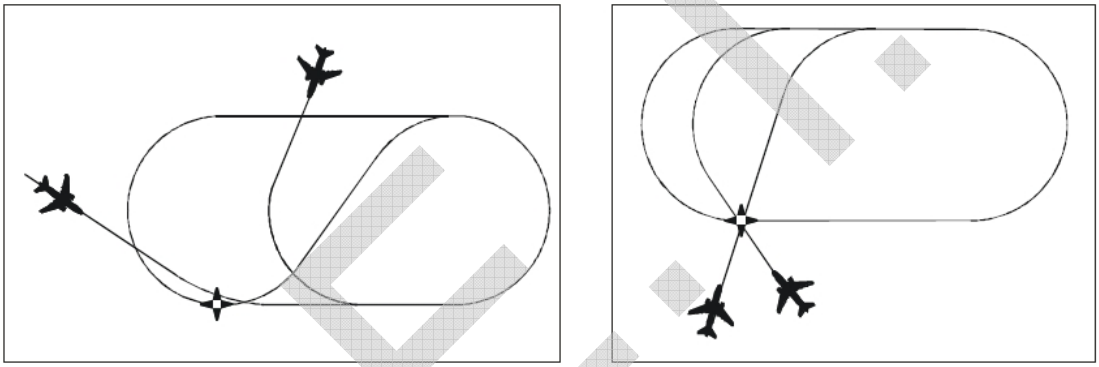


Figura 4-76

Una durante el procedimiento de ingreso y una vez establecido, el sistema se mantendrá lo más cerca posible del lado de la espera (sector más protegido), y realizará las correcciones de inclinación alar y virajes de modo de mantenerse dentro de la distancia publicada o tiempo correspondiente. Automáticamente corregirá sus parámetros respecto al viento y la trayectoria terrestre real. **(Figura 4-76)**

4.18.7 Bases de datos

Como fue mencionado anteriormente no todos los sistemas RNAV tienen una base de datos y las capacidades de estas bases de datos varían de acuerdo con el sistema RNAV en particular.

Cuando un sistema RNAV tiene una base de datos, waypoints con pathterminators (términos de trayectoria) y las radioayudas establecidas con coordenadas WGS86 son requeridos por el explotador (en este caso la Fuerza Aérea) para que se almacenen en el sistema (dentro de los límites de capacidad de la base de datos).

La compilación, creación y distribución requiere un largo y riguroso

proceso, sin embargo es esencial conocer las fechas de entrada en vigencia y expiración de aquella base de datos. La base de datos debe actualizarse cada 28 días.

La principal fuente de esta base de datos proviene directamente de las publicaciones aeronáuticas (AIP). Los datos son creados por los proveedores bajo un formato estándar conocido como ARINC 424, y es actualizada validada de acuerdo con un ciclo de datos establecido por la OACI o ciclo AIRAC.

4.18.7.1 Uso de la base de datos

Para los sistemas RNAV con una base de datos, el piloto puede seleccionar una ruta previamente almacenada o crear una ruta con waypoints de la base de datos. Por diseño del sistema, y con el objetivo de minimizar el error humano, el piloto no puede cambiar los datos dentro de la misma base de datos.

El sistema puede insertar dentro de un plan de vuelo procedimientos completos como SIDs, STARs y aproximaciones. Normalmente el piloto podrá seleccionar un procedimiento de cada uno. Si ATC o el piloto desea cambiar el procedimiento, sólo deberá seleccionarlo nuevamente y en forma automática el sistema reemplazará el procedimiento antiguo por el requerido. **(Figura 4-77)**

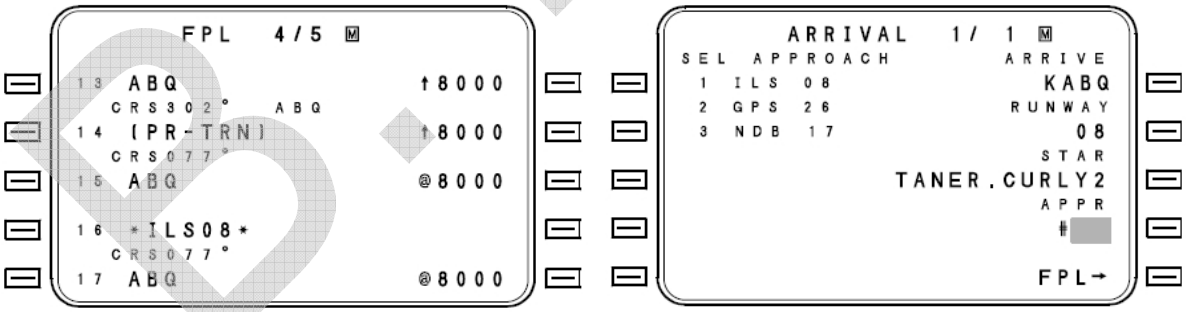


Figura 4-77

Para los sistemas RNAV sin una base de datos, el piloto está obligado a insertar manualmente los waypoints. Esta función limita a las especificaciones de navegación que la aeronave debe poseer para volar en ciertas áreas.

4.18.7.2 Convención de denominación de Waypoints

El formato estándar ARINC 424 establece los nombres de waypoints que son utilizados por el proveedor de base de datos en el sistema RNAV. A continuación se enumeran los más comunes que se pueden encontrar en la base de datos.

- D235H: Punto de referencia DME en el radial 235 ° a 8 MN (H es la letra octava del alfabeto)
- AMB29: Punto establecido en la carta de aerovía, 29MN desde el VOR AMB
- 12MON: Punto establecido en la carta de aerovía, 112nm del VOR MON.
- FF26: Punto de aproximación final (Final Approach Fix) de la pista 26.
- OM26: Marcador exterior de la pista 26.
- CF26: Final Approach Capture Fix de la pista 26 (normalmente se encuentra en la aproximación final antes del FAF).
- RW26: umbral pista 26
- MA26 punto de aproximación frustrada para la pista 26 (MAPt)
- Para puntos de rutas oceánicas en base a coordenadas geográficas:
- 5540N: 55°00’ N o S / 040° 00’ W

4.18.8 Determinación lateral

Los sensores más utilizados para la navegación de área lateral son los siguientes:

Basado en tierra o radioayudas:

- VOR / VOR (radial / radial): Requiere de 2 estaciones para calcular una posición, sin embargo la poca exactitud de esta fuente hace que sea poco utilizado por los sistemas RNAV.

- VOR / DME (radial/ distancia): El error angular de la VOR limita el alcance máximo para algunas aplicaciones de navegación.

- DME / DME (distancia / distancia): Requiere un mínimo de 2 DME (más computo de la ambigüedad) para calcular una posición. Soporta todas las aplicaciones de navegación hasta el punto de aproximación final (FAF).

B.E.I.

- Basada en el espacio: En la actualidad el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS), y otros sistemas independientes que estén completamente operacionales. Una solución de la posición 3D se calcula mediante una estimación del rango de 4 satélites.

4.18.9 Determinación vertical

Hay 2 sistemas identificados para apoyar la navegación vertical:

- Altimetría barométrica - baro-VNAV:

  La altimetría barométrica proporciona lecturas sobre la base de la presión atmosférica (dependiente de la temperatura). La trayectoria de descenso en la aproximación será con un ángulo menor a bajas temperaturas más frías y más pronunciada en las temperaturas más altas.

- Altimetría Geométrica:

  La altimetría geométrica es proporcionada por el GNSS. Sin embargo, la precisión vertical de los satélites propios del sistema no es suficiente para las aplicaciones de la aviación. Por lo tanto, otros sistemas se han desarrollado para superar este problema como el SBAS, en el cual encontramos el WAAS de Estados Unidos, el EGNOS de Europa, el MSAS de Japón y el GAGAN de India. Además se encuentran en pleno desarrollo los sistemas GBAS los cuales están orientados para apoyar a las aproximaciones de precisión.

4.18.10 Modos de operación del sistema RNAV (sensibilidad del CDI)

El CDI (Course Deviation Indicator) asociado a un sistema RNAV varía según el modo de operación y el tipo de equipo. A diferencia de las radioayudas terrestres, la sensibilidad del CDI en RNAV es normalmente lineal sin importar la distancia al punto.

- Modo Ruta. Este se utiliza normalmente en aerovías. La deflexión máxima del CDI es de 5 millas a cada lado del centro.

B.E.I.

- Modo Área Terminal. Desde la activación de este modo, la sensibilidad del CDI cambia de 5 MN a cada lado a 1 MN a cada lado del centro. Este modo se activa dentro de 30 millas del aeropuerto.

- Modo Aproximación. A una distancia de 2 millas del FAF en acercamiento, la sensibilidad del CDI cambia a una deflexión máxima de 0.3 MN a cada lado para las Aproximaciones RNP APCH.

Algunos sistemas pueden entregar información de referencia de guía vertical entre el FAF y un punto de referencia (normalmente el umbral de pista) en una aproximación RNAV APCH sin guía vertical (LNAV) o como fuente principal para la guía vertical en aproximaciones RNP APCH con guía vertical (LNAV/VNAV).

- Modo Frustrada. La sensibilidad del CDI vuelve a la de Terminal (± 1MN) cuando se activa posterior al MAPt durante una frustrada.

NOTA: La sensibilidad del CDI puede cambiar dependiendo el sistema que utilice y la especificación de la ruta a volar. Consulte el manual de operación del sistema junto con su manual de vuelo.

4.19 TLS (Transponder Landing System)

El Transponder landing system (TLS) es un sistema que proporciona información de guía y trayectoria como aproximación de precisión a partir de la posición conocida de la aeronave proporcionada por la respuesta del código transponder de identificación asignada, además de proporcionar servicio de vigilancia.

El TLS tiene las mismas capacidades de un ILS CAT I en donde el equipo ILS tradicional no puede ser ubicado por lo accidentado del terreno, o cuando un ILS existente está fuera de servicio.

Las señales de guía del TLS emulan las señales del ILS que debiesen existir de acuerdo a la posición que se encuentre el avión. El TLS determina la posición de la aeronave por la recepción de la información midiendo la distancia, ángulo de azimut y ángulo de elevación por medio de dos sensores ubicados cerca de la pista (ver multilateralización). Correcciones de localizador y glide slope necesarias son calculadas para guiar al avión en el curso deseado.

La información es transmitida a través del TLS usando la banda VHF para el localizador y la banda UHF para la señal de senda de planeo con señales moduladas en tonos de 90 y 150 HZ al igual que el ILS. Estas señales son dinámicas y cambian cada vez que la aeronave cambia su posición.

La incorporación de este sistema tiene la ventaja que el entrenamiento y equipamiento a bordo de las aeronaves que son necesarios para la operación del TLS son idénticos a los del ILS o los sistemas de guía y vigilancia PAR. Toda aeronave equipada con ILS y senda de planeo, con su respectivo HSI con CDI y un transponder Modo 3 o modo S compatible, puede volar una aproximación TLS.

La guía se presenta al piloto tal como lo sería para una aproximación ILS, pero con menos margen de error de agujas para realzar una mejor y más estabilizada aproximación. Para el controlador de la aproximación, el TLS ofrece una presentación de radar de hasta cuatro aviones.

El TLS con base fija ha sido aprobado por la FAA para su uso en el Espacio Aéreo de los Estados Unidos.

Este equipo tiene una configuración transportable (TTLS) que es móvil, robusto y de despliegue rápido una solución para fuerzas militares durante las operaciones de contingencia.

4.19.1 Funcionamiento

El TLS controla la posición de todas las aeronaves dentro del rango operable que tengan un transponder activo. Cuando el avión vuela en el curso de acercamiento, normalmente a menos de 300 pies de distancia radial del IAF (inicial approach fix) y dentro de los 200 pies de altitud de la altitud del IAF a interceptar, el TLS emite guía como un ILS y señal morse. Aunque el sistema hace un seguimiento activo de todas las aeronaves, el localizador y glide slope del TLS, están destinados únicamente a una aeronave a la vez. Una desventaja del sistema es que sólo puede guiar a una sola aeronave durante la aproximación.

La operación es muy simple. Luego de solicitar la aproximación TLS, el controlador TLS ingresa el código del transponder de la aeronave en el TTLS remoto de estado y la unidad de control. Dentro de aproximadamente 15 segundos el TTLS adquirirá el código introducido, determinará su posición, y comenzará a proporcionar orientación al piloto. Al medir el ángulo y el tiempo de llegada de la señal del transponder, el TLS es capaz de obtener la información de posición mucho más precisa. Cuando la aeronave ha sido autorizada a la aproximación, el piloto debe sintonizar la frecuencia TLS (en el equipo NAV) tal cual como si fuese una aproximación ILS. El sistema

enviará dos señales (localizador y glide slope) las cuales varían en función de la posición del avión. **(Figura 4-78)**

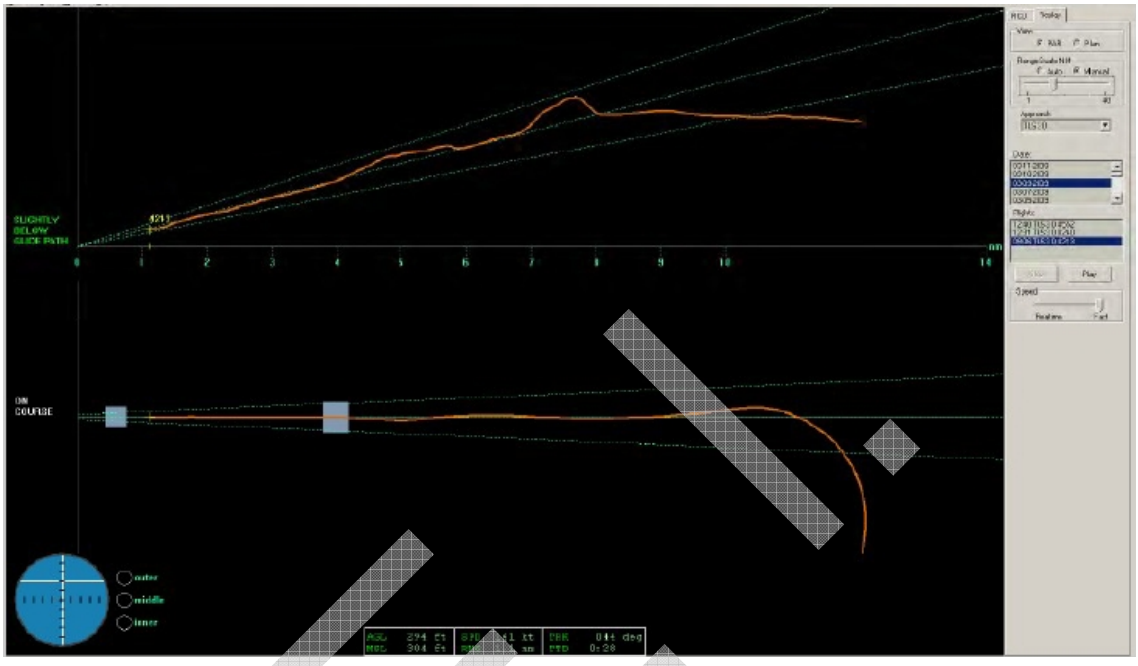


Figura 4-78

Mapa con representación de cobertura del TLS de SCRM y ejemplo de visualización del controlador para guiar a la aeronave y moni torear la aproximación.

Puntos basados en ayudas convencionales o puntos por coordenadas GNSS serán proporcionados en la publicación como información de distancia para el crosscheck de las mínimas durante el descenso. Otro punto importante es que el controlador puede monitorear la posición de la aeronave durante la aproximación al igual que una aproximación de precisión por radar (PAR). Dentro de las ventajas de sistema está la generación de la senda de planeo y localizador a partir de un punto virtual por tanto no requiere antenas situadas físicamente en éstos puntos como el ILS, eliminando de éste modo las áreas críticas del sistema anterior.

La altitud mínima de decisión y la visibilidad de una determinada aproximación se determina usando TERPS (Terminal Procedures) o Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Operación de aeronaves (PANS-OPS) de la OACI, según corresponda, sin perjuicio de las marcas de pista y la iluminación que debe estar disponible.

4.19.2 Diferencias entre ILS y TLS

La siguiente tabla muestra las diferencias entre cada sistema:

Instrument Landing System	Transponder Landing System
El ILS necesita mayor espacio de terreno para realizar la instalación de las diversas antenas que componen el sistema.	El TLS necesita un espacio mucho más reducido para ser instalado. (375 Pies de borde de pista o 750 Pies a un lado de ésta).
El ILS entrega una trayectoria de planeo y un curso final establecido hacia la pista.	El TLS además de entregar un curso final y una trayectoria de planeo, proporciona una guía vectorial para interceptar la trayectoria final.
Este sistema entrega trayectoria de planeo y curso final a un umbral en particular.	Tiene la capacidad de entregar una trayectoria de planeo y un curso final al umbral principal como al recíproco.
Sus componentes una vez instalados son de difícil movimiento hacia otras pistas ya que requieren una fijación al terreno.	En la versión militar del sistema permite su transporte para poder ser instalado en distintas pistas de despliegue.
El sistema en si no posee una estación de monitoreo, recayendo toda la responsabilidad de la aproximación en el piloto.	El TLS, al igual que una aproximación PAR, posee una estación de monitoreo, que ayuda a realizar una aproximación más segura.
Posee áreas críticas en tierra.	Sólo puede realizar una APP un avión a la vez.

4.20 TIPOS DE APROXIMACIONES.

4.20.1 Aproximaciones convencionales.

Se llaman aproximaciones convencionales a aquellas que son basadas en radioayudas terrestres. Existen dos tipos de aproximaciones convencionales.

- Aproximación de precisión, que está basado en una guía lateral y vertical proporcionada normalmente por un ILS.

- Aproximación de No-Precisión, que provee sólo guía lateral mediante radioayudas NDB, VOR o VOR/DME.

Las aproximaciones de No-precisión poseen una MDA y el piloto debe controlar manualmente el descenso. Para ello existen dos técnicas.

En la primera el piloto podrá descender directamente a la próxima mínima y volar a esta altitud antes de llegar la punto de referencia para

poder seguir descendiendo hasta la próxima mínima de la aproximación hasta llegar a la MDA. Esta técnica es conocía como “Drive to drive”. Esta primera técnica no es recomendable para aproximaciones sin información de distancia.

La segunda técnica consiste en volar con una razón de descenso constante a partir del FAF llamada también Continuous Descent Final Approach (CDFA). Esta técnica ha demostrado ser más segura que la anterior.

En la actualidad gran parte de las bases de datos de los receptores GNSS o FMS/FMC poseen información de guía vertical referencial desde el FAF hasta el umbral de la pista con el fin de aumentar el nivel de alerta situacional durante la aproximación.

4.20.2 Aproximaciones RNAV

Existen de dos tipos, las RNP APCH y las RNP AR APCH. Ambas disponibles en Chile.

4.20.2.1 RNP APCH - etiquetadas como RNAV (GNSS)

Son aproximaciones que pueden ser efectuadas por cualquier piloto que cuente con los sistemas apropiados en la aeronave para realizarlas. Estas pueden ser con o sin guía vertical. **(Figura 4-79)**

En Chile estas aproximaciones son etiquetadas como RNAV (GNSS) y en el extranjero también se pueden identificar como RNAV (GPS). Además podrán tener mayor precisión si están bajo cobertura SBAS.

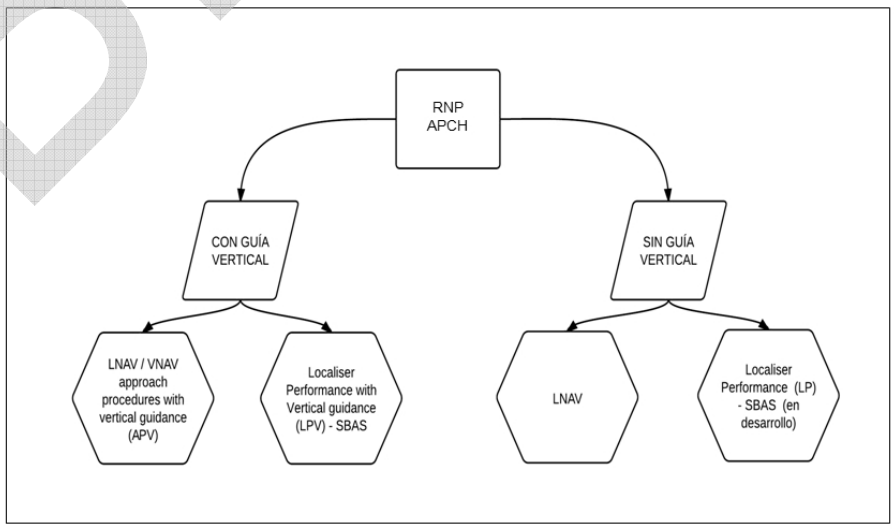


Figura 4-79

B.E.I.

4.20.2.1.1 Aproximación sin guía vertical (LNAV).

Estas aproximaciones están cargadas en la base de datos de navegación del sistema RNAV. El GNSS en conjunto con el RAIM proporcionan una exactitud de 0.3 MN en el tramo final de aproximación. **(Figura 4-80)**

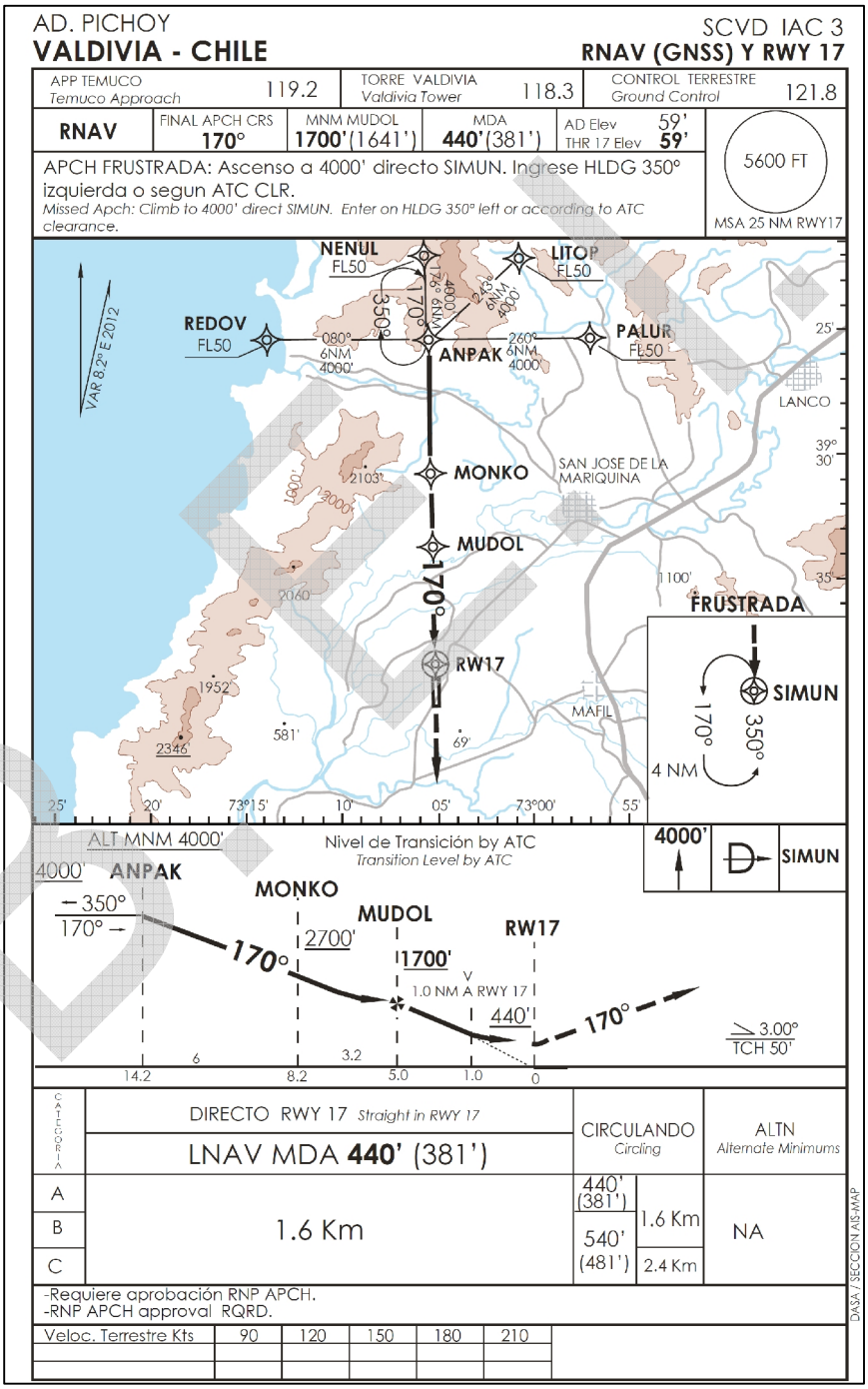


Figura 4-80

Esta aproximación está diseñada para que el piloto vuele una razón constante de descenso en el tramo final o CDFA hasta la MDA. Información vertical de referencia puede ser proporcionada por el sistema RNAV.

Una vez alcanzada la MDA, y sin pista a la vista, el piloto deberá ejecutar la aproximación frustrada que se encuentra dentro de la misma base de datos de la aproximación del sistema RNAV mediante un botón GO ARROUND - GA (si está disponible en su aeronave) o activándolo manualmente desde el sistema RNAV.

La Figura 4-81 muestra la diferencia entre una aproximación convencional y una RNP APCH (RNAV LNAV)

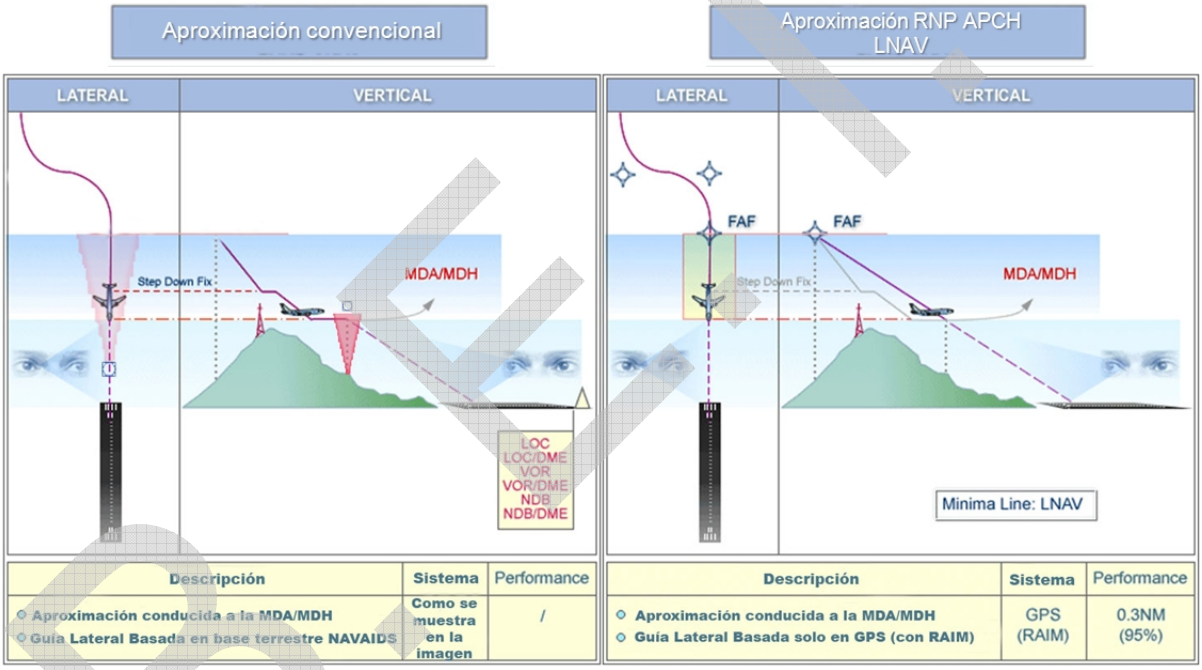


Figura 4-81

4.20.2.1.2 Aproximación con guía vertical (LNAV/VNAV).

La diferencia con la anterior es que la información de guía vertical debe ser capturada por el piloto automático o director de vuelo que termina en una DA. Además se aplican restricciones de uso bajo o sobre ciertas temperaturas para sistemas Baro VNAV (altimetría barométrica) no compensados por el sistema RNAV. El sistema normalmente presentará una escala de desviación vertical total al piloto de +/- 50 pies en su indicador de desviación vertical o seudo glide slope. Consulte en su manual de vuelo de aeronave la equivalencia de representación de la escala de desviación vertical.

Nota: Estas aproximaciones a pesar de poseer DA, no son aproximaciones de precisión, ya que la escala del CDI es lateralmente fija (0.3 MN) y no llega ser tan precisa como el ILS.

En la Figura 4-82 se puede observar la diferencia de mínimas entre LNAV y LNAV/ VNAV (ver el punto de interceptación del seudo glide slope marcado con asterisco (*) a 1.2 MN de RW17 para LNAV).

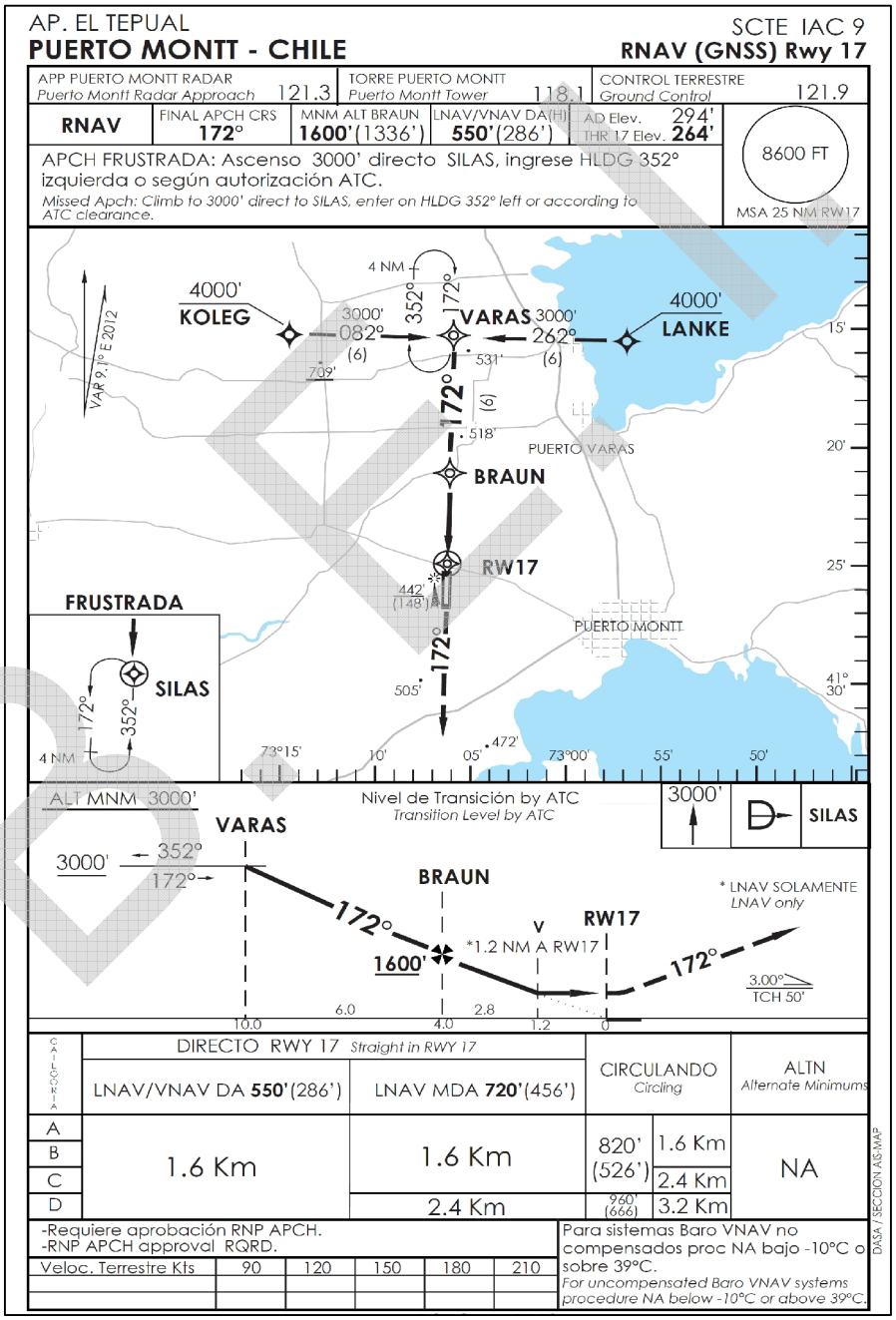


Figura 4-82

4.20.2.2 Aproximaciones RNP AR APCH – etiquetadas como RNAV (RNP)

Un procedimiento RNP AR APCH se utiliza donde el terreno y los obstáculos no permiten la aplicación de aproximaciones convencionales o RNP APCH. Este procedimiento también puede ser empleado para separación de tráfico (por ejemplo pistas estrechamente separadas).

Este tipo de aproximaciones requieren la aprobación específica del Estado regulador y puede ser necesario equipamiento adicional de las aeronaves, es decir, sistemas GNSS duales y plataformas inerciales, además de un entrenamiento específico para los pilotos.

Sistemas SBAS, si se aprueban, se pueden utilizar en aproximaciones RNP AR APCH.

Para Chile la guía vertical es proporcionada por un sistema VNAV Baromérico y es requerido dos sistemas FMS que tengan la capacidad de mantener la capacidad RNAV con sensores alternos al GNSS. Para el sistema de guía vertical es necesario dos altímetros independientes. También debe poseer un sistema de alerta abordo que indique error lateral y vertical que tiene la aeronave en relación al procedimiento y que no supere los rangos máximos de 0.1 NM y 75 pies respectivamente.

La precisión lateral requerida puede ser incluso de hasta 0.1 MN para ser utilizada en el segmento final de la aproximación y/o aproximación frustrada. Además se le asigna a esta categoría de aproximación a aquellas que contengan dentro de su procedimiento trayectorias curvas de radio fijo a un punto (RF). **(Figura 4-84)**

Desde el punto de vista de diseño del procedimiento, la distancia desde el límite de la zona libre de obstáculos o el terreno lateral y la trayectoria prevista de la aeronave puede ser de hasta dos veces la precisión de la pista. **(Figura 4-83)**

D.R.I.

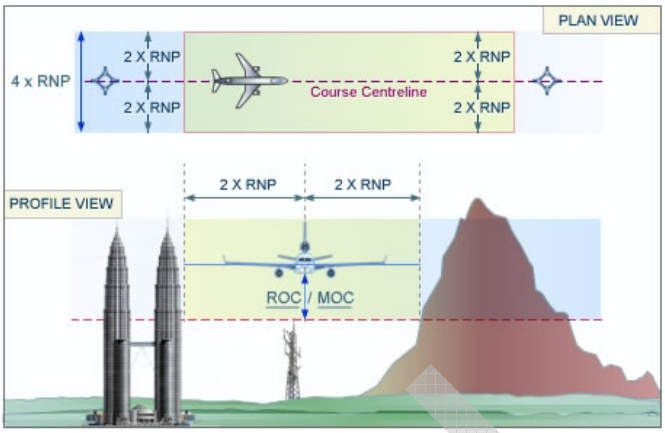


Figura 4-83

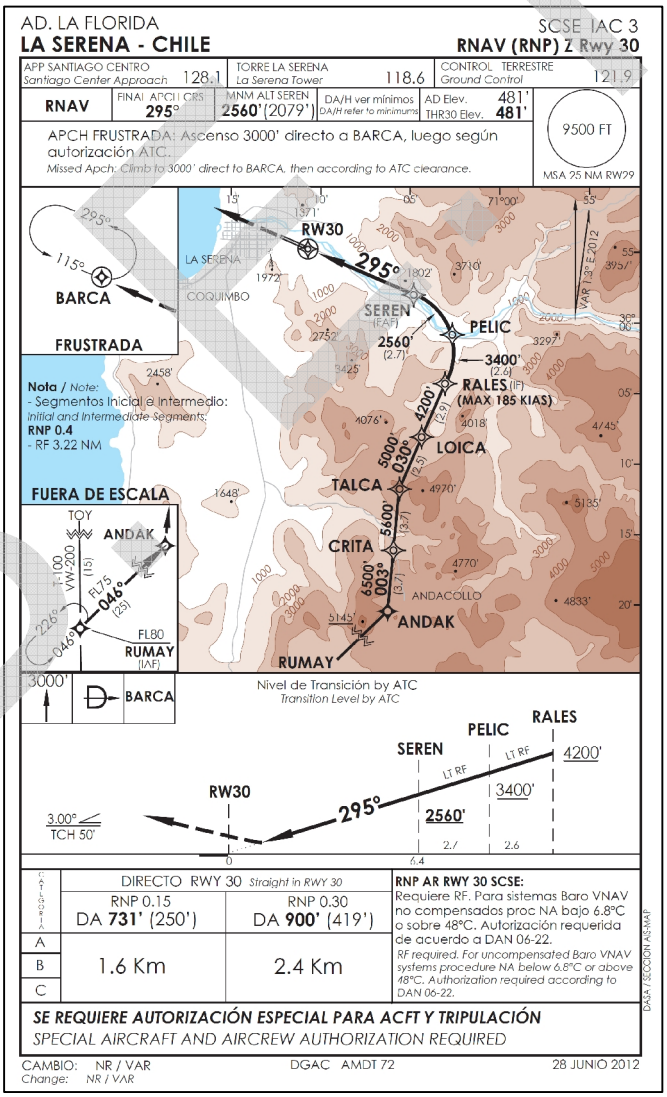


Figura 4-84

4.20.3 Aproximaciones RNAV fuera de Chile

Existen otras aproximaciones RNAV no disponibles en Chile debido a la ausencia de sistemas de aumentación SBAS y GBAS.

4.20.3.1 Aproximaciones con Performance de Localizador o Localizer Performance.

Estas pueden ser al igual que la anterior con o sin guía vertical y son realizadas por aeronaves con capacidad y cobertura SBAS.

- LP = Localizer Performance (MDA)
- LPV = Localizer Performance with Vertical guidance (DA).

Deben contar con dos FMS o en su defecto un FMC con dos receptores monitores SBAS. Posee una alerta lateral y vertical única para cada aproximación.

La escala de desviación lateral se asemeja a la de un localizador (requisito de performance lateral angular). Cabe señalar que las aproximaciones con requisitos de performance angular, no son consideradas dentro de la PBN. **(Figura 4-85)**

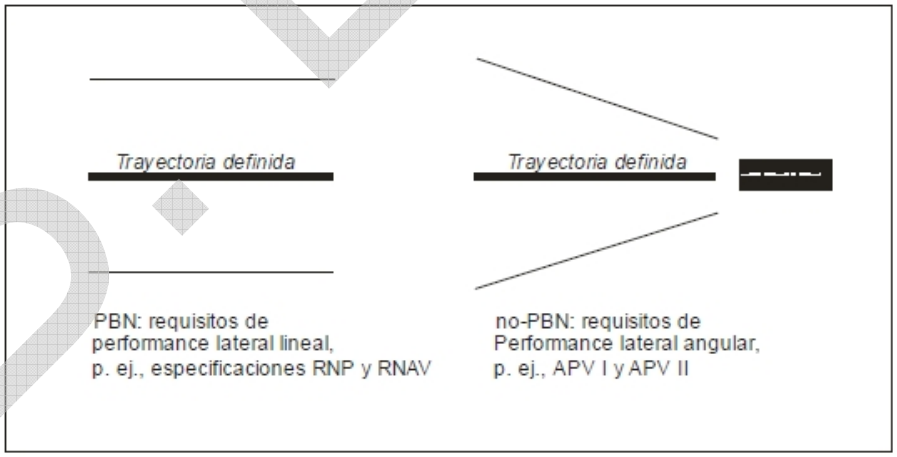


Figura 4-85

Además las aproximaciones con guía vertical proveen un confinamiento vertical que puede llegar a ser similar a un ILS Categoría I. Para ello dentro de la base de datos de navegación del sistema RNAV contiene información adicional en el segmento final de la aproximación (Final Approach Segment Data Block - FAS DB).

B.E.I.

Antes de alcanzar el FAF el sistema RNAV verificará que la información del sistema SBAS sea confiable en el eje lateral y verical mediante nivel de servicio (Level Of Service - LOS). Además el piloto podrá visualizar en todo momento el nivel de protección que el sistema es capaz de mantener llamado también Horizontal Protection Level (HPL or HP) y Vertical Protection Level (VPL or VP). Además cuenta con un canal para identificar los procedimientos SBAS (WAAS o EGNOS) dentro del sistema RNAV.

Como en Chile no está bajo una cobertura SBAS, estas aproximaciones no están disponibles, no obstante pueden encontrarse ampliamente en Estados Unidos y Europa. **(Figura 4-86)**

La figura 4-87 representa las diferencias entre una RNP APCH (RNAV) LNAV/VNAV, y una aproximación RNP APCH (RNAV) LPV con SBAS.

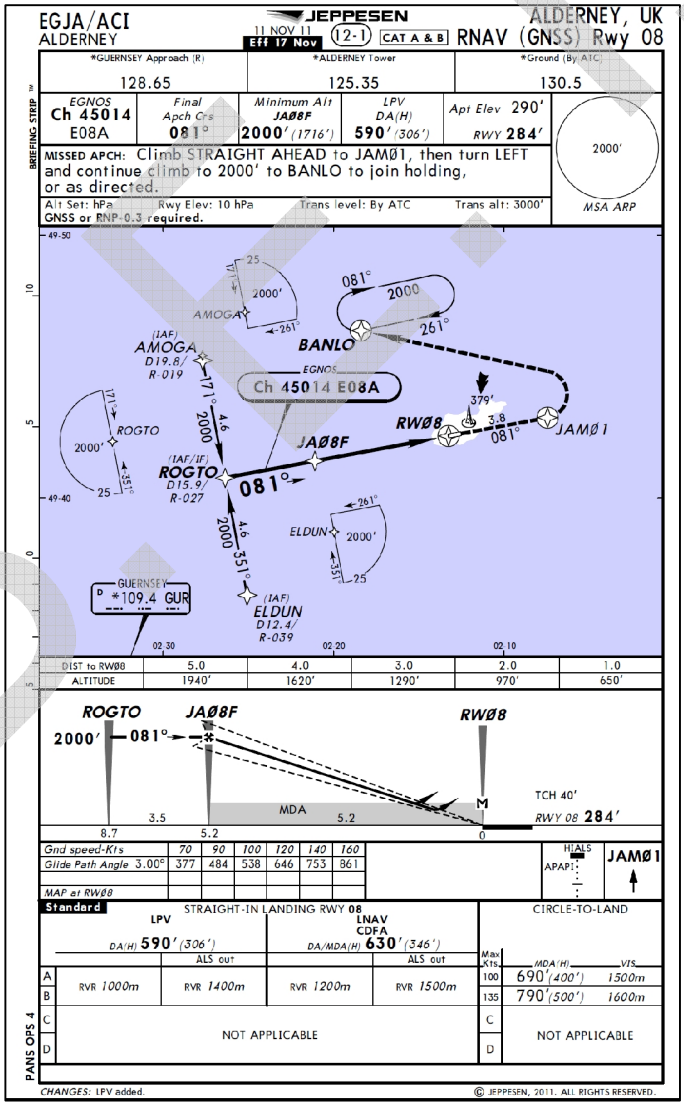


Figura 4-86
Aproximación SBAS (LPV) con sistema Egnos de Reino Unido.

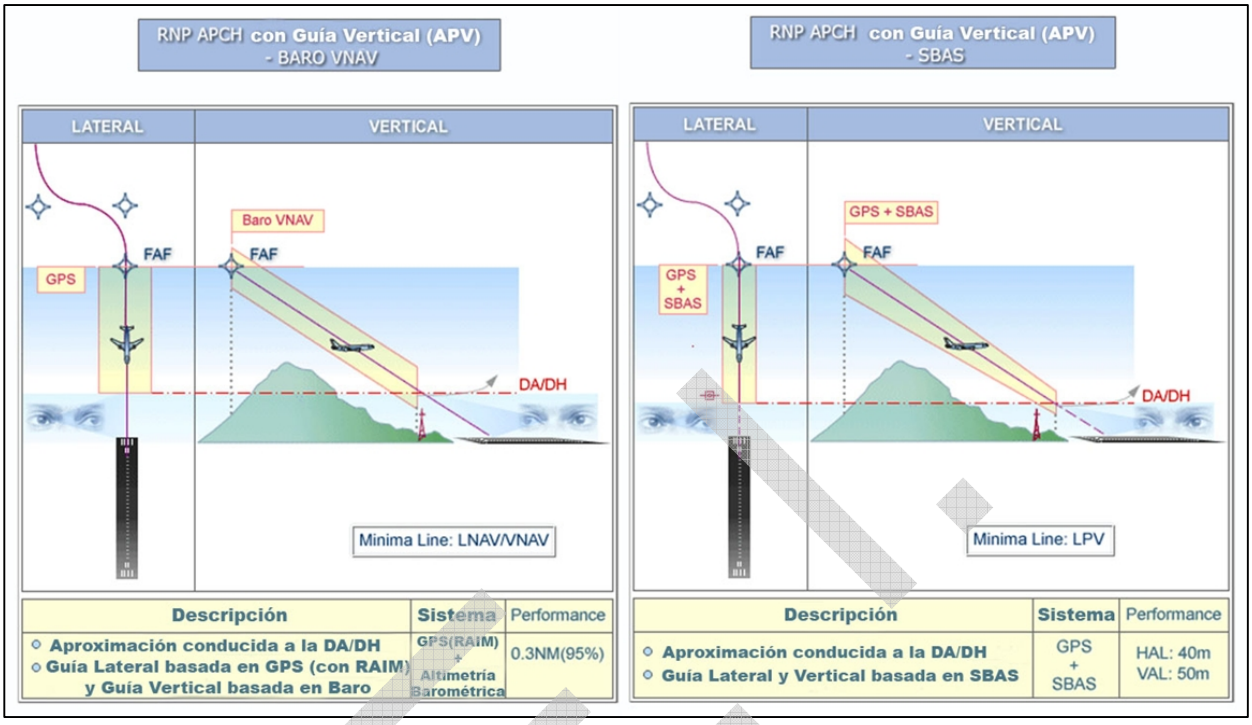


Figura 4-87

4.20.3.2 Aproximaciones Superpuestas

Esta permite usar la aviónica del RNAV (GNSS), bajo condiciones IMC, para volar procedimientos instrumentales pre-existentes (ADF, VOR, VOR/DME).

NOTA: Estas aproximaciones deben ser aprobadas por la autoridad competente de cada país. Todas las aproximaciones autorizadas y sus puntos de chequeo deben encontrarse en la base de datos del equipo en el avión. De otra forma no se podrán volar GNSS.

Durante la ejecución de estas aproximaciones, no se requiere que estén operativos y en funcionamiento las estaciones terrestres correspondientes ni los equipos en el avión. Sin embargo, el monitoreo de los sistemas de navegación de respaldo es siempre aconsejable mientras estén operativos.

Se recomienda a los pilotos volar estas aproximaciones no precisas primero en condiciones VMC, a fin de obtener una completa eficiencia del uso de los sistemas del avión antes de realizarlas en condiciones IMC.

El vuelo entre punto y punto en la aproximación no garantiza el cumplimiento del procedimiento de aproximación publicado. La sensibilidad del CDI no cambiará automáticamente a aproximación (0.3 MN). En algunos receptores la selección manual de la sensibilidad del CDI no cambia

automáticamente la del RAIM.

Algunos procedimientos de las aproximaciones no precisas no pueden ser codificados dentro de la base de datos del sistema RNAV, por lo tanto no se podrán realizar en forma superpuesta.

Las aproximaciones superpuestas pueden ser identificadas de 2 formas en la base de datos:

- Con la identificación de la aproximación convencional (Ej: VOR Z RWY 17). Algunas aproximaciones convencionales están presentes en la base de datos del sistema RNAV y normalmente pueden ser voladas cuando la fuente o radioayuda esté disponible y conectada a un sistema FMS.

  En caso que no esté conectado el receptor al sistema RNAV, la aproximación podrá realizarse en forma superpuesta con el sistema RNAV basado en información GNSS o GPS, sin embargo el piloto deberá tener la información de agujas VOR a la vista durante la aproximación. Para aproximaciones VOR/DME la información de lectura directa del DME podrá ser reemplazada por la información de distancia proporcionada por el sistema RNAV desde la base de datos de la aproximación.

  NOTA: Algunos FMS deshabilitan el sensor GPS o GNSS cuando una aproximación convencional es activada y no se cuenta con la información del sensor primario de la aproximación.

- Con la identificación “or GPS” en el título (Ej. VOR or GPS RWY 35 **Figura 4-88**). Presentes en aproximaciones de Estados Unidos. Si la aproximación tiene la frase “or GPS” en el título entonces es una aproximación autorizada para ser volada superpuesta. El diseño original de la aproximación es basada a radioayudas convencionales, sin embargo en caso que la radioayuda no esté disponible (sin información en el receptor), el piloto está autorizado a realizar el procedimiento como aproximación RNAV (GPS).

B.F.I.

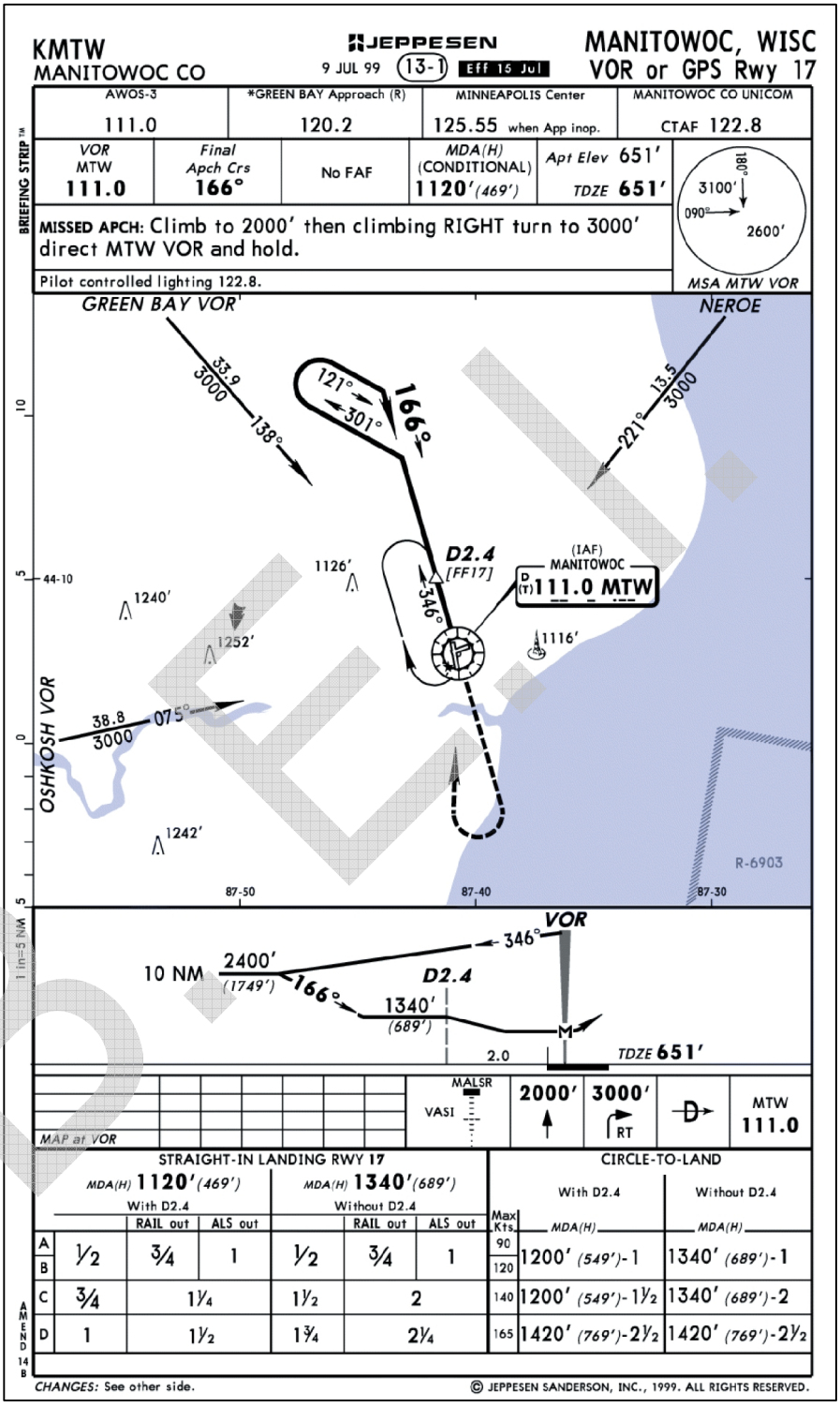


Figura 4-88
Aproximación superpuesta que puede ser volada con VOR o GPS.

4.20.3.3 Aproximaciones GLS

Actualmente se encuentra en desarrollo las aproximaciones GLS (GNSS Landing System), cuyo objetivo es alcanzar las mismas prestaciones de las actuales aproximaciones ILS CAT III **(Figura 4-89)** mediante el uso del sistema GBAS.

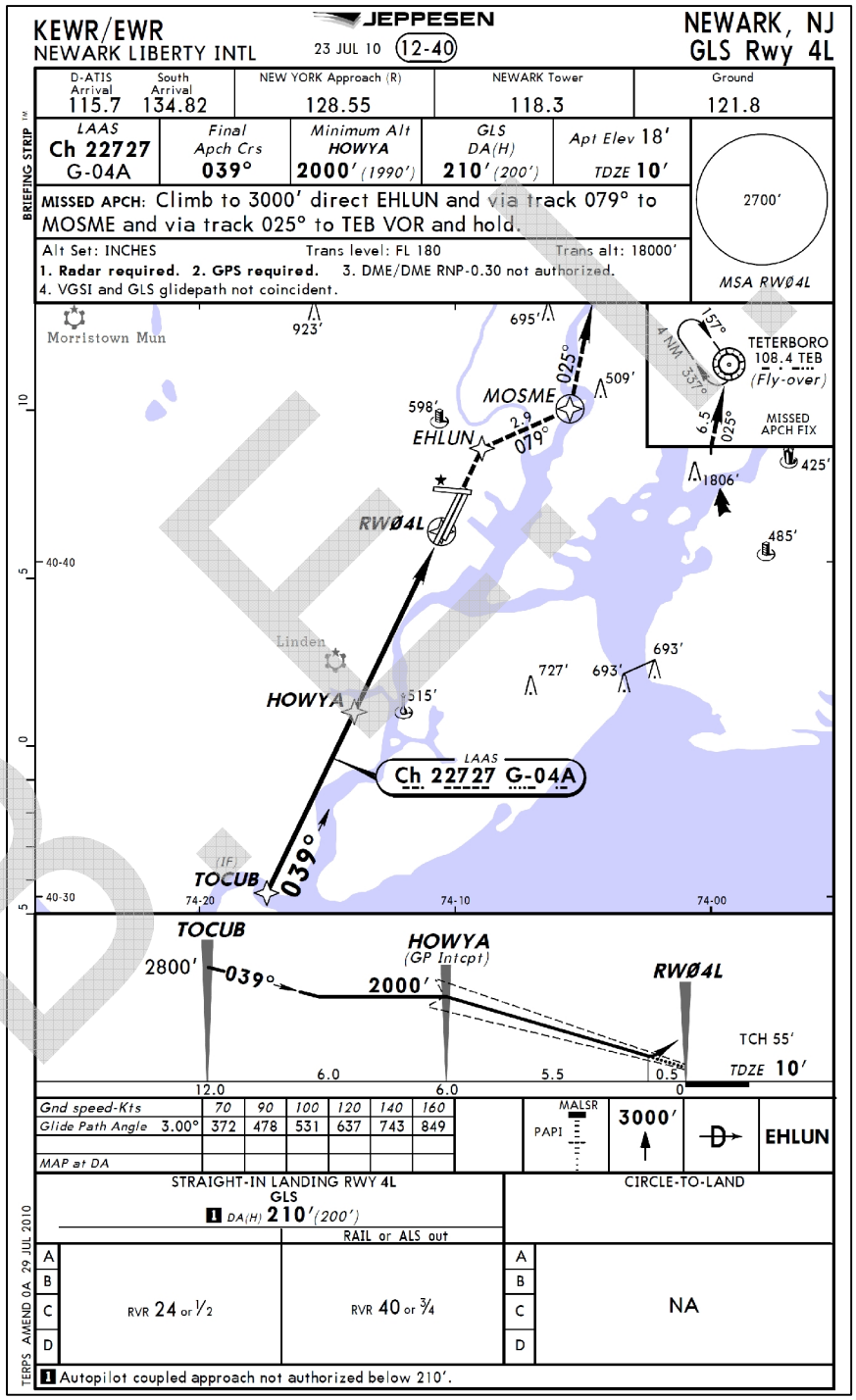


Figura 4-89

5 PROCEDIMIENTOS DE VUELO

5.1 HOMING

La maniobra de navegación Homing, se utiliza para asegurar el paso sobre la estación, *siempre y cuando* **no** se encuentre interceptado en un curso. Este concepto es válido tanto en aerovías como en circuitos de espera. Si usted se encuentra interceptado en un curso, no la ejecute. **(Fig. 5- 1)**

Para efectos de un Circuito de Espera, si usted se encuentra en el tramo de acercamiento, establece un rumbo para poder interceptar un curso y no lo logra dentro de los 30 segundos iniciales del tramo, deberá efectuar Homing. Por el contrario, si logra algún grado de interceptación en este periodo de tiempo, continúe con este proceso con el fin de disminuir su desvío lo más posible.

Para ejecutar el proceso, debe seguir los siguientes pasos:

- Sintonice e identifique la estación.
- Marque con el selector de rumbo la indicación de la punta de aguja.
- Vire por el lado más corto al selector de rumbo, de manera que la punta de la aguja quede bajo el TOP INDEX.

Si esta maniobra se efectúa en condiciones de viento cruzado, la trayectoria será curva, como lo muestra la siguiente figura: **(Fig. 5- 1)**

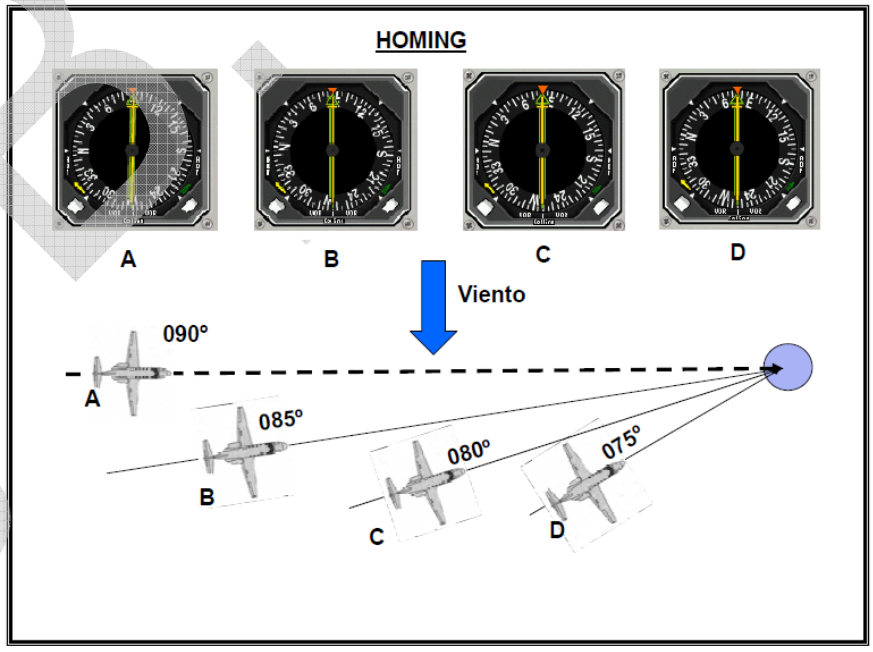


Figura 5-1

5.2 CALCULO DE TIEMPO Y DISTANCIA A LA ESTACION

5.2.1 Generalidades

Es un procedimiento no preciso, que puede ser utilizado tanto para ADF como VOR. Permite calcular en forma aproximada, el tiempo y la distancia desde la posición del avión hacia la estación.

El procedimiento con VOR es similar al efectuado en ADF, con la salvedad que en VOR se utiliza además el selector de curso. Esto permite aumentar la precisión en la medición de tiempo, ya que en VOR prácticamente no existe oscilación de agujas y el CDI otorga mayor acuciosidad en el monitoreo de cruce de los 10º.

La maniobra entrega resultados en forma aproximada, ya que las fórmulas se basan en obtener el valor del radio de una circunferencia en función de un arco, cuando en realidad se está volando en una tangente de un arco. Además, es un proceso que no toma en cuenta variables como dirección e intensidad del viento.

Actualmente, es poco probable su aplicación en la vida real, ya que se cuenta con procedimientos y equipamiento que son capaces de otorgar esta información, en forma exacta e instantánea.

Sin embargo, se utiliza como herramienta fundamental para la instrucción, ya que exige a los alumnos la mantención de parámetros de vuelo definidos, el uso del reloj e incorpora cálculos mentales y la navegación en base a una ayuda terrestre.

Para el cálculo de tiempo y distancia se pueden aplicar diferentes técnicas que ayudarán en la ejecución del procedimiento. A continuación se detalla una de ellas, con la cual es posible efectuar este procedimiento.

5.2.2 Procedimiento de cuadrantes

Para determinar hacia dónde y cuánto se debe virar, existen 2 procedimientos, los cuales en conjunto facilitan la ubicación de la punta de aguja sobre punta de ala.

5.2.2.1 Procedimiento para determinar sentido de viraje:

- Sintonice e identifique la estación terrestre.

- Ubique la posición de la punta de aguja dentro del RMI y vire para dejarla 5º a 10º sobre la punta de ala (pinola lateral).

- El sentido del viraje dependerá del cuadrante en que se encuentre la aguja. (Fig. 5- 2)

Figura 5-2

En los cuadrantes 1 y 3, el viraje será a la izquierda y en los cuadrantes 2 y 4 será a la derecha, para dejar la punta de la aguja 10º sobre la pínola lateral de punta de ala.

5.2.2.2 Procedimiento para determinar el rumbo a virar:

En el cuadrante Nº 1, sume 80º a la indicación de punta de aguja y en el cuadrante
Nº 2, reste 80º a la indicación de punta de aguja. **(Fig. 5- 3)**

Ejemplo: La aguja se encuentra en el cuadrante derecho Nº 2 por tanto hay que restar 80º al curso indicado por la aguja 040º. El viraje será al rumbo 320º.

Figura 5-3

Una vez que determinó el rumbo, vire de inmediato para dejar la punta de aguja 5º a 10º sobre la pínola lateral de punta de ala.

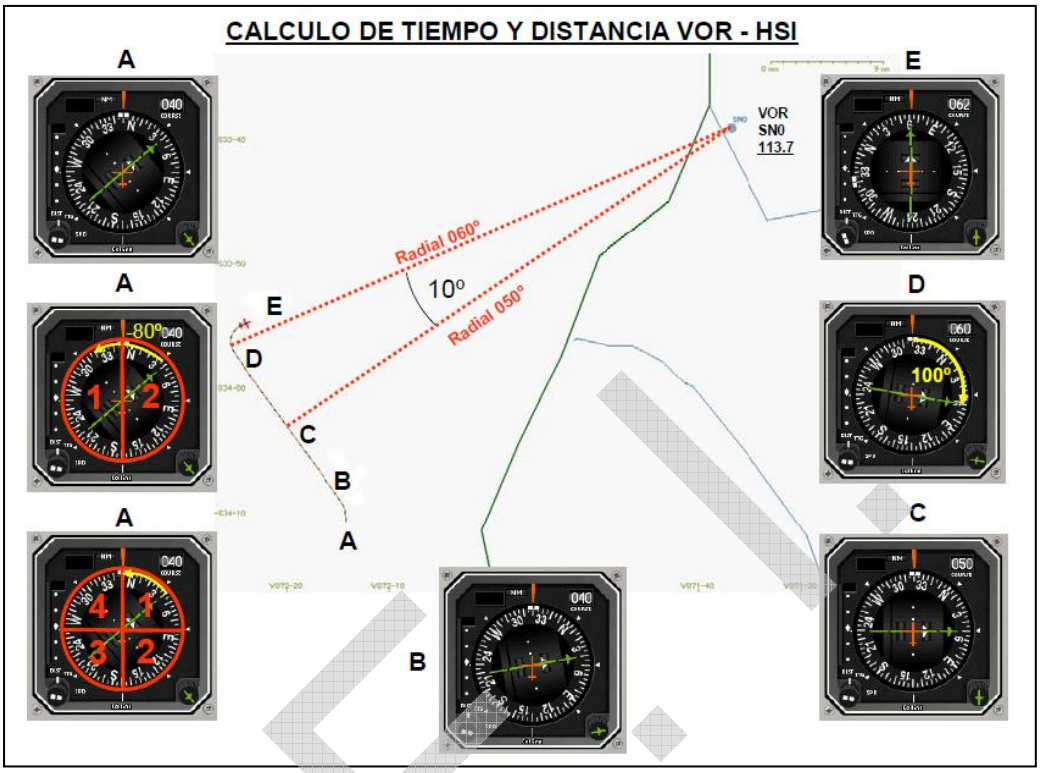


Figura 5-4

A. El avión volando en el rumbo 350º y la aguja en el cuadrante Nº 1 (4 cuadrantes) y en el 2 (2 cuadrantes) indicando el curso 040º. Por tanto se restan 80º. **(Fig. 5- 4)**

B. El avión volando al rumbo establecido 320º, quedando la punta de aguja 5º a 10º sobre la referencia de los 90º respecto al TOP INDEX. **(Fig. 5- 4)**

C. Cuando la punta de la aguja pase por la marca de los 90º respecto al TOP INDEX, comience a cronometrar el tiempo y aplique la fórmula para saber el tiempo a la estación. **(Fig. 5-**4)

D. Cuando la punta de aguja esté 10º bajo la punta de ala (100º bajo el TOP INDEX), observe los segundos transcurridos. **(Fig. 5- 4)**

Fórmula:

Tiempo en segundos
---------- = Minutos a la estación
Grados de cambio (10°)

Ejemplo: La aeronave voló 1 min. 43 seg. (103 seg.) en los 10º de cambio.

103 seg.
------ = 10,3 min.
10º

Las décimas se multiplican por 6 para saber los segundos:

3x6 = 18 seg.

Por lo tanto, el tiempo es 10 min. 18 seg.

NOTA: Mientras más sean los grados de cambio, más exacto será el cálculo.

DISTANCIA:

Esta se obtiene de la siguiente fórmula:

VAV minutos a la MN hasta la
------ x estación = estación
60

Nota: Siempre que sea posible, se debe usar la VT en vez de la VAV; de esta forma se tendrá en cuenta el efecto del viento.

Ejemplo:

180 Kts. VAV
----------x 10 min. = 30 MN
60

5.2.2.3 Procedimiento con HSI y RMI

- Ubique la posición de la punta de la aguja en el RMI. Vire por el lado más corto para dejar la punta de la aguja 5º a 10º sobre la indicación de 90º en el RMI (punta de ala) utilizando cualquiera de las 2 técnicas descritas en el procedimiento ADF.

- Coloque con el selector de curso, el rumbo magnético que está en la indicación de los 90º. Verifique indicación TO. Cuando el CDI se centre, tome el tiempo.

B.E.I.

- Coloque con el selector de curso, el rumbo magnético que se encuentra 10º bajo la posición de la indicación de los 90º (punta de ala). Verifique que el CDI se desplace sobre el avión de referencia.
- Cuando el CDI se centre, verifique la cantidad de segundos transcurridos.

- Calcule el tiempo y distancia hacia la estación, aplicando las fórmulas descritas en el procedimiento ADF.

- Vire de inmediato por el lado más corto directo a la estación.

5.2.2.3 Procedimiento con HSI, Carátula Fija **(Fig. 5- 5)**

- Centre el CDI con TO (moviendo la perilla selectora de curso).

- Con la perilla selectora de rumbo, coloque el rumbo magnético al cual vuela el avión.

- Efectúe un viraje por tiempo por el lado más corto, para dejar el selector de curso 5º a 10º sobre la punta de ala.

- Coloque con el selector de rumbo, aquel rumbo al cual vuela el avión.

- Coloque con el selector de curso, el rumbo que está en la posición de 90º
- con respecto al selector de rumbo.

- Cuando el CDI se centre, tome el tiempo.

- Coloque con el selector de curso, el rumbo magnético que se encuentra a
- 10º bajo la posición con respecto al selector de rumbo.

- Verifique que el CDI se desplace hacia la posición donde se encuentra el selector de rumbo.

- Cuando el CDI se centre, pare de tomar el tiempo. Compute el tiempo y distancia hacia la estación.

B.E.I.

- Vire de inmediato por el lado más corto y proceda directo a la estación.

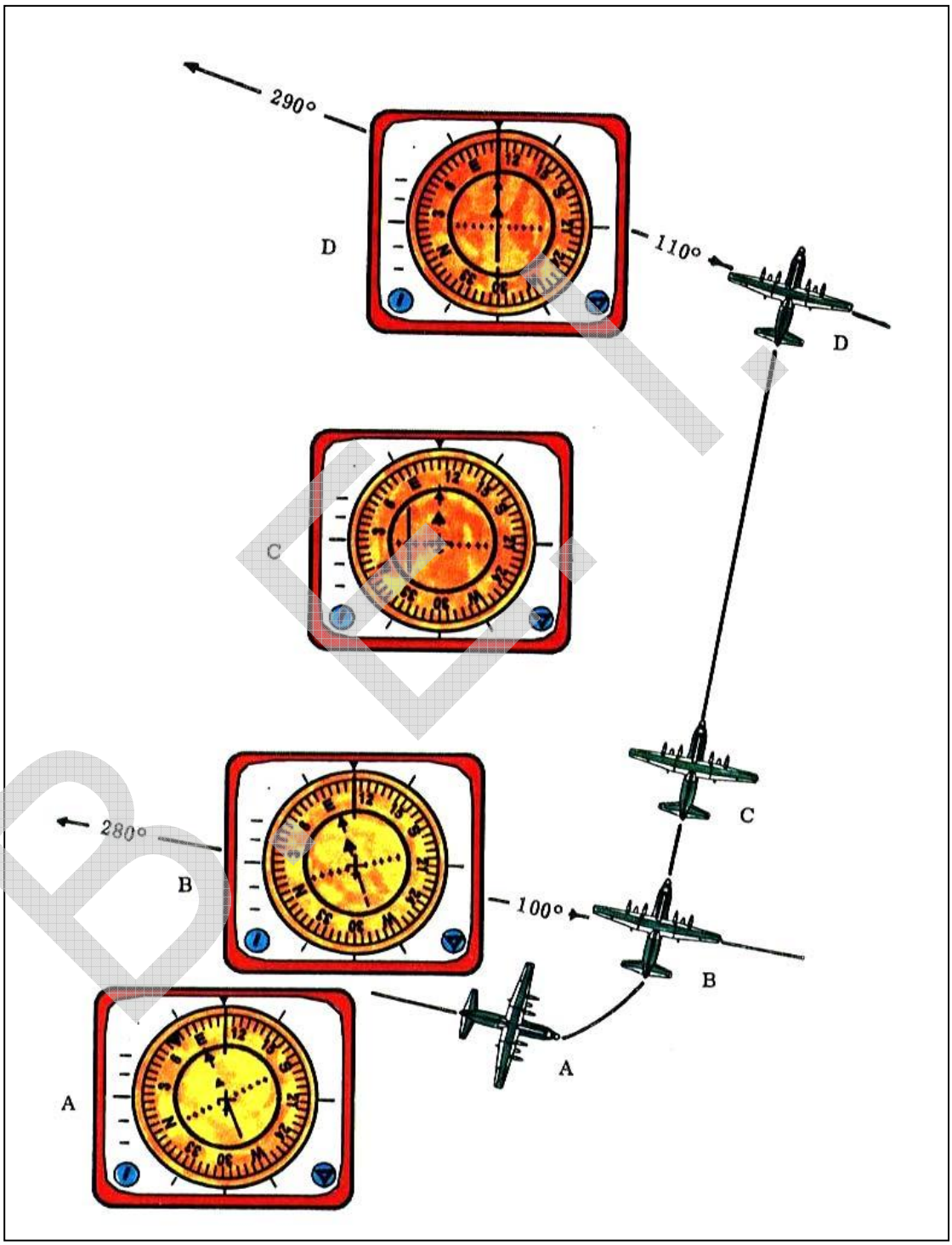


Figura 5-5

5.2.3 Errores Comunes

- No ser acucioso en la mantención exacta del rumbo, mientras se cronometra el tiempo en que la aguja se desplaza los 10º.
- No efectuar un buen vuelo básico.

5.3 DIRECTO A LA ESTACIÓN

Es un procedimiento que permite desde cualquier punto, mantener un curso en forma directa hacia una estación. Esta maniobra considera la corrección de viento, para lo cual debe corregir el rumbo hacia donde viene el viento, lo necesario para mantener el curso interceptado. **(Fig. 5-6)**

El vuelo directo a la estación contempla los siguientes pasos:

- Sintonice e identifique la frecuencia de la estación terrestre.

- Lleve el selector de rumbos a la posición de la punta de la aguja y vire por el lado más corto al rumbo correspondiente, de manera que quede la punta de la aguja bajo el Top Index.

- Si es VOR, centre el CDI con TO, moviendo la perilla selectora de curso, al rumbo magnético que indica la punta de la aguja del RMI- HSI.

- Efectúe las correcciones necesarias de rumbo para mantener la aguja en el curso inicial y / o el CDI centrado.

B.E.I.

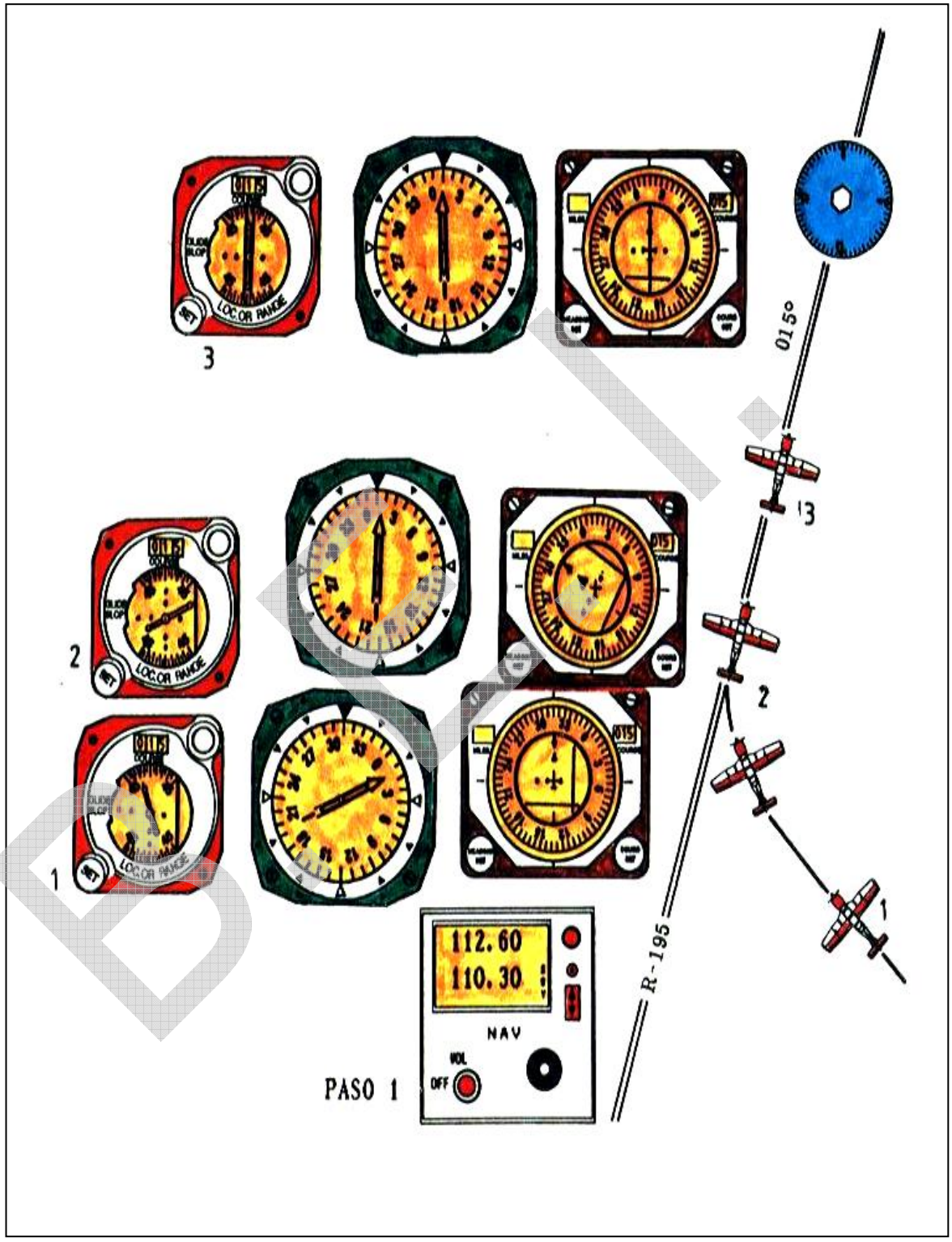


Figura 5-6

5.4 PASADA SOBRE LA ESTACION

A medida que el avión se aproxima a la estación, una pequeña desviación del avión desde el curso deseado, causa una gran variación de la aguja.

Esto se explica, si se considera la diferencia de un ángulo de 5º a diferentes distancias de la estación. Cuando el avión se encuentra a 10 MN de la estación, significa que el avión se ha salido del curso deseado aproximadamente en 1 MN. La misma desviación de 5º a 1 MN, representa una distancia aproximada de 500 pies.

No intente "seguir" la punta de la aguja del radiocompás, cuando comience a moverse rápidamente hacia un lado u otro. Mantenga el rumbo constante en el RMI, ya que la estación se encuentra muy cerca.

Al acercarse el avión a la estación volando a gran altitud, entra en un cono de confusión, en el cual la punta de la aguja se moverá en forma errática e inestable. Esta área aumenta con la altitud. La aguja puede moverse hasta 30º a cada lado del índice superior del instrumento. Al pasar sobre o ligeramente al lado de la estación, la punta de la aguja oscila, se compensa, después baja y queda indicando en la parte inferior del instrumento.

Para procedimientos ADF, se determinará la pasada inicial sobre la estación, cuando la punta de la aguja se haya movido más allá de la posición de punta de ala (es decir, pase los 90º). Esto sucede normalmente un poco después que el avión ha pasado la estación. Las siguientes pasadas sobre la estación, en los circuitos de espera y aproximaciones, se determinarán cuando la punta de la aguja pase las marcas de 45º a cualquier lado del índice superior, en forma definitiva.

En el caso de VOR, lo establece el cambio positivo de TO a FROM. Esto es porque el indicador TO / FROM indica exactamente el momento en el cual se pasa de un hemisferio a otro (siempre y cuando el CDI esté centrado con TO).

Efectúe los siguientes pasos al pasar la estación en caso de entrar a un circuito de espera, para iniciar una aproximación o al pasar una estación de reporte obligatorio (H.V.P.F.L.)

- Hora: Tome el tiempo y / o verifique la hora de pasada (esto se deberá hacer en el momento que la punta de la aguja haya indicado el paso vertical a la estación en forma definitiva, sin importar las oscilaciones).

- Viraje: al rumbo deseado.

- Potencia: Ajuste para velocidad deseada.

- Flaps: En caso que la aeronave deba configurar en algún setting de flap específico.

- Llamada: A la dependencia de control respectivo, para dar reporte de posición. No sacrifique el control del avión para efectuar esta notificación.

5.5 INTERCEPTACIÓN DE CURSO

La interceptación de curso se lleva a cabo en muchas fases de la navegación por instrumentos. Para asegurar una correcta interceptación que produzca un ángulo suficiente para resolver un problema de interceptación en particular, deben comprenderse los siguientes conceptos

5.5.1 Rumbo de interceptación

El rumbo de interceptación (rumbo del avión), es el rumbo determinado para resolver un problema de interceptación.

Al seleccionar un rumbo de interceptación, el factor esencial es la relación entre la distancia desde la estación y el número de grados que se desplaza el avión desde su curso. Puede ser necesario ajustar el rumbo de interceptación, para obtener una razón de interceptación óptima.

5.5.2 Angulo de interceptación

El Ángulo de interceptación es la diferencia angular entre el rumbo del avión (rumbo de interceptación) y el curso deseado.

Éste ángulo no debe exceder los 90º, ya que podría producirse el efecto contrario al deseado. Si el ángulo excede los 90°, una interceptación en alejamiento podría convertirse a una en acercamiento y viceversa. El rumbo de interceptación puede ser ajustado dentro de estos límites, para asegurarse una razón de interceptación más deseable.

5.5.3 Razón de interceptación

La razón de interceptación se determina observando la aguja del radiocompás. Ésta es el resultado del ángulo de interceptación, la velocidad terrestre, distancia de la estación y si se dirige hacia o desde la estación.

La razón de interceptación determina el anticipo para volver al rumbo que corresponde y mantener la interceptación deseada.

5.5.4 Completando la interceptación

Se debe determinar un punto de anticipo para salir en el curso, debido al radio de viraje del avión. El punto de anticipo se determina comparando el movimiento relativo de la aguja en relación al tiempo requerido para virar hacia el curso. Para determinar la razón de interceptación, vigile el movimiento de la aguja. El tiempo requerido para hacer el viraje hacia el curso, es determinado por el ángulo de interceptación y la razón de viraje del avión.

Si su punto de anticipo seleccionado fue tardío y no alcanzó al curso seleccionado, saque el viraje en el rumbo seleccionado y una vez con las alas niveladas, determine la posición de la aguja y renueve la interceptación.

Si el punto de anticipo seleccionado fue apresurado y excesivo, saque el viraje dejando un ángulo de corrección que le lleve al curso.

5.6 INTERCEPTACIÓN EN ACERCAMIENTO, R.M.I.- H.S.I.

La siguiente técnica se aplica para las interceptaciones en acercamiento de la estación:

- Sintonice e identifique la estación.

- Determine el rumbo de interceptación.

- Ubique el curso que se desea interceptar en la carátula del RMI- HSI (1).

- Desde este curso, mire la indicación donde se encuentra la punta de la aguja (2). Cualquier rumbo más allá de la punta de la aguja, dentro de los 90º con respecto al curso a interceptar, es un rumbo de interceptación en acercamiento sin viento.

B.E.I.

- Normalmente, un rumbo de interceptación de 30º más allá de la posición de la punta de la aguja, asegura una razón de interceptación suficiente para resolver el problema (3).

- Un ángulo de interceptación está formado cuando la punta de la aguja se encuentra entre el curso y la pínola superior del RMI- HSI.

- En el caso del VOR, seleccione con el selector de curso, el curso a interceptar.

- Verifique indicación TO y que el avión de referencia se encuentre en una posición tal, que vaya en dirección al CDI, para lo cual el CDI debe estar desplazado sobre la posición del avión de referencia.

- A medida que el avión se acerca al curso a interceptar, la punta de la aguja se moverá hacia el curso deseado, como también el CDI se desplazará hacia el avión de referencia. Vire al rumbo del curso seleccionado una vez que el punto de anticipo sea alcanzado.

NOTA: El ángulo de interceptación no debe exceder los 90º con respecto al curso a interceptar, porque en este caso, el avión se estará alejando de la estación durante la interceptación.

Para simplificar este procedimiento, se recomienda usar la siguiente fórmula:

$$CI \rightarrow PA \rightarrow \pm\ 30° = RI$$

- CI= Curso que se desea Interceptar

- PA= Punta de la Aguja (curso)

- 30º= corrección aplicada para obtener el ángulo de interceptación.

- →= dirección en que se debe aplicar cada paso.

- RI= rumbo de interceptación.

B.E.I.

- Vire en la dirección que corresponda hasta que se haya alcanzado el RI.

- Mantenga el rumbo de interceptación hasta que se haya alcanzado el punto de anticipo; luego complete la interceptación. El punto de anticipo depende del movimiento de la aguja y el tiempo que se requiere para hacer el viraje hacia el curso.

NOTA: El proceso completo se detalla en las siguientes figuras, **(Fig. 5- 7 a 5-11)**

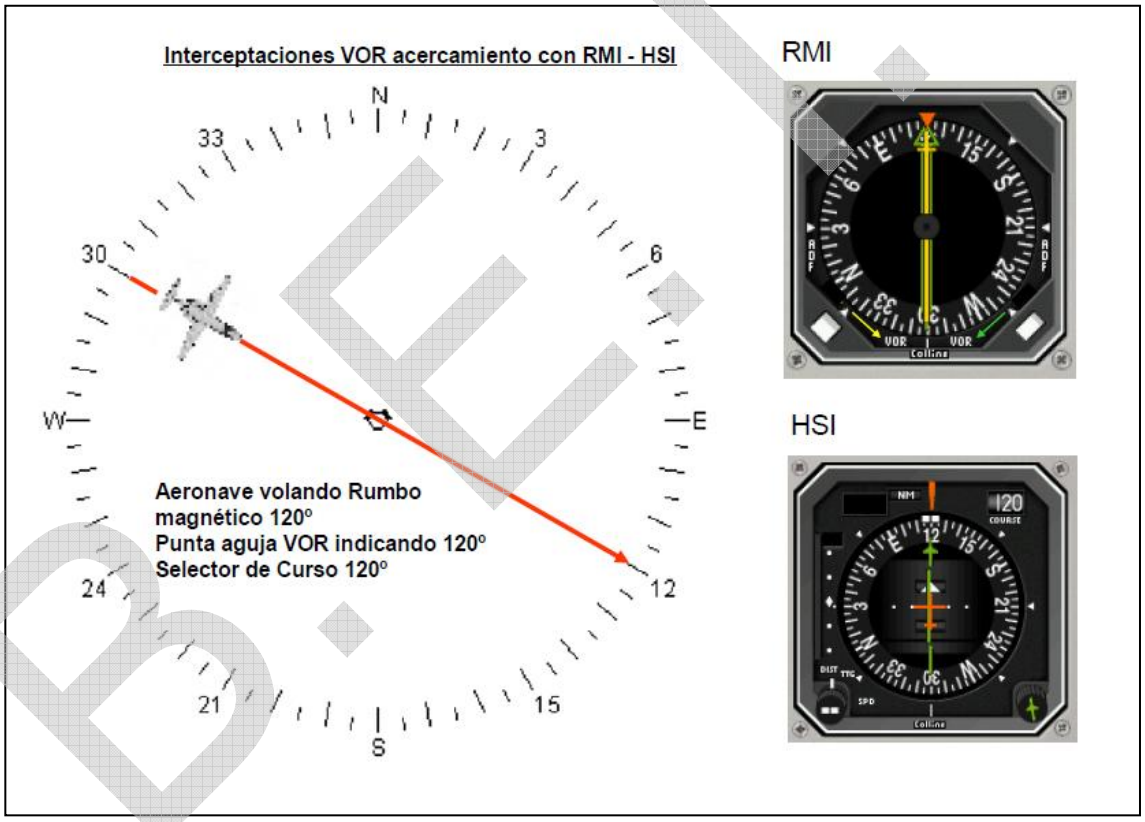


Figura 5-7

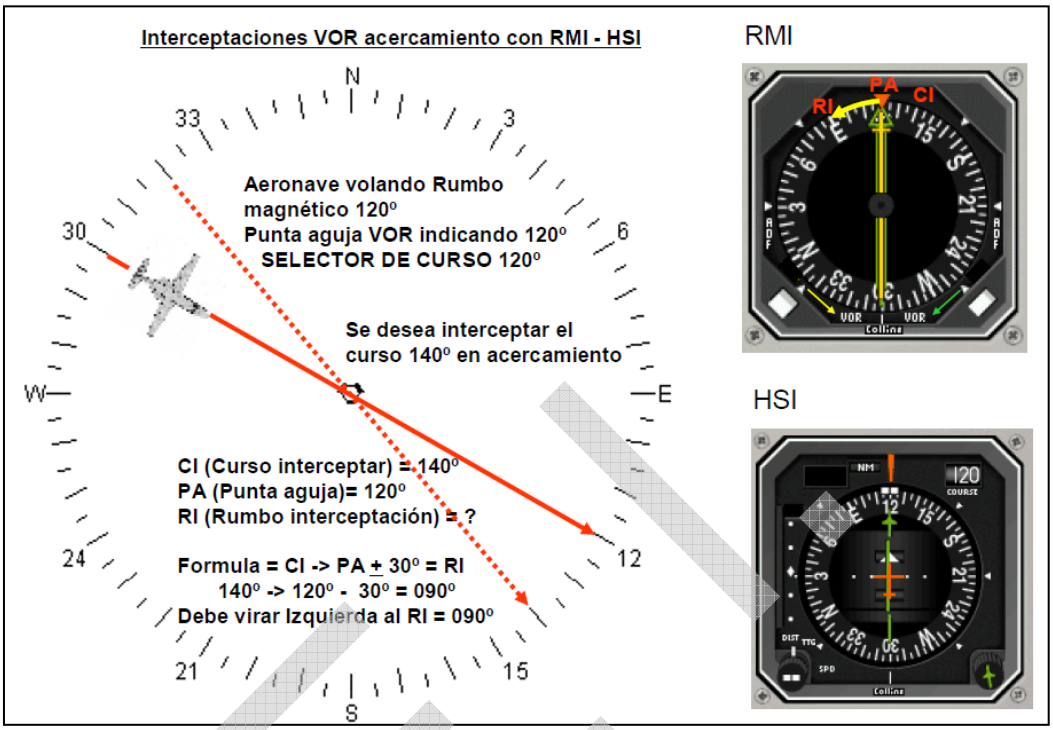


Figura 5-8

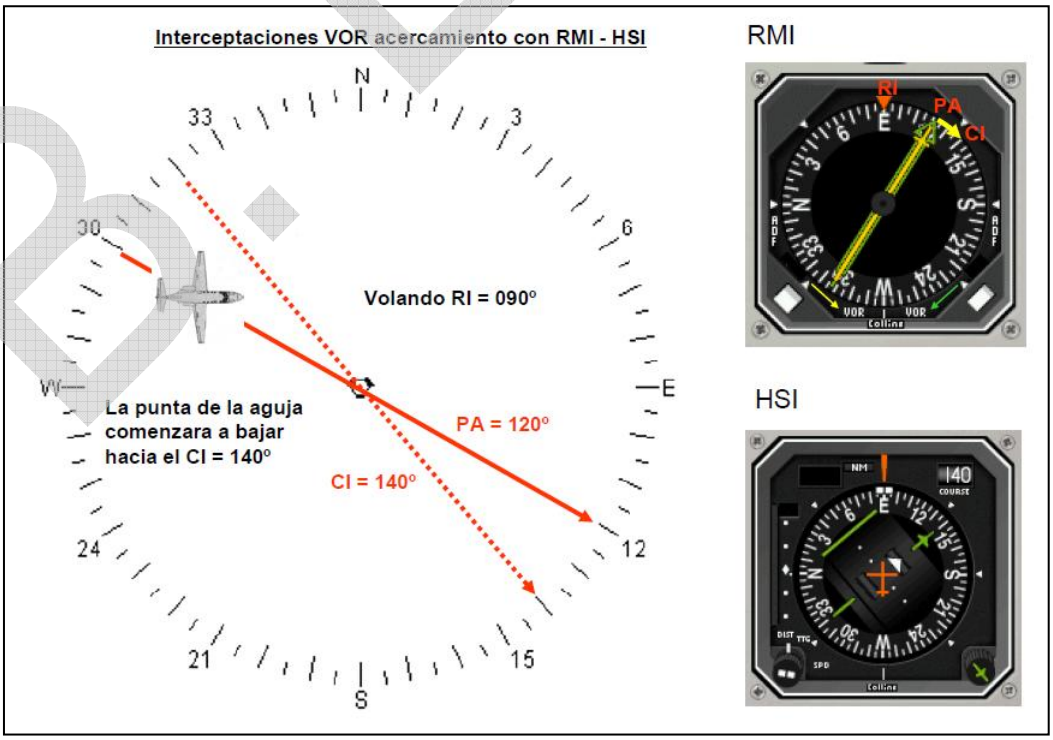


Figura 5-9

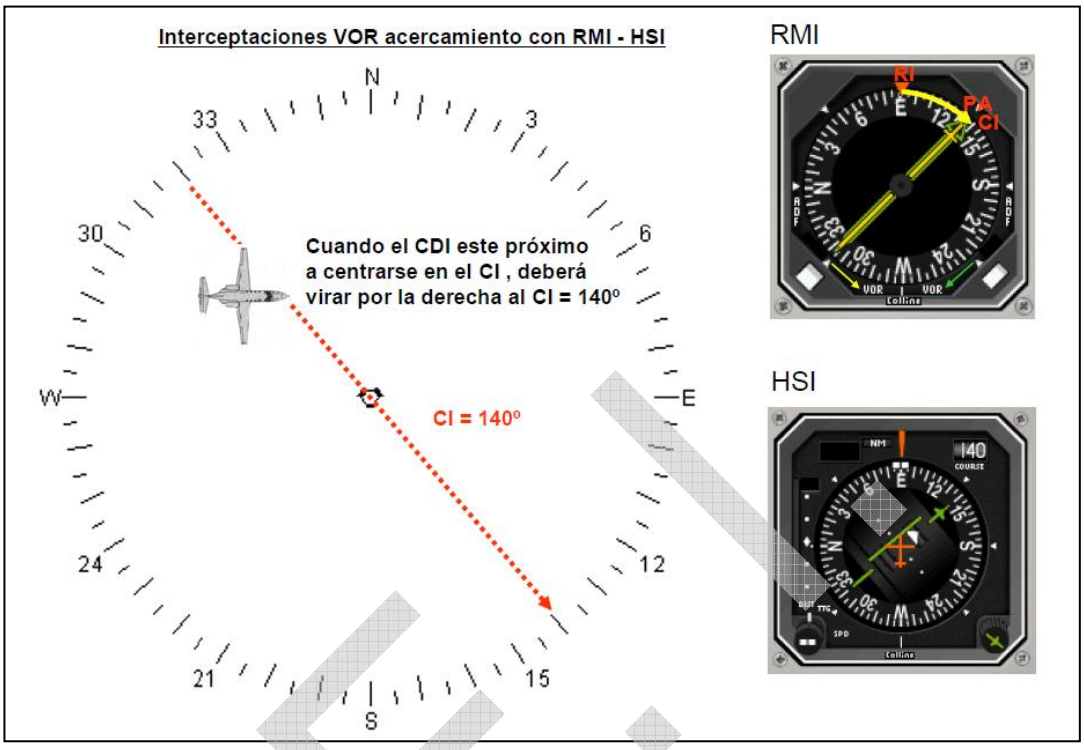


Figura 5-10

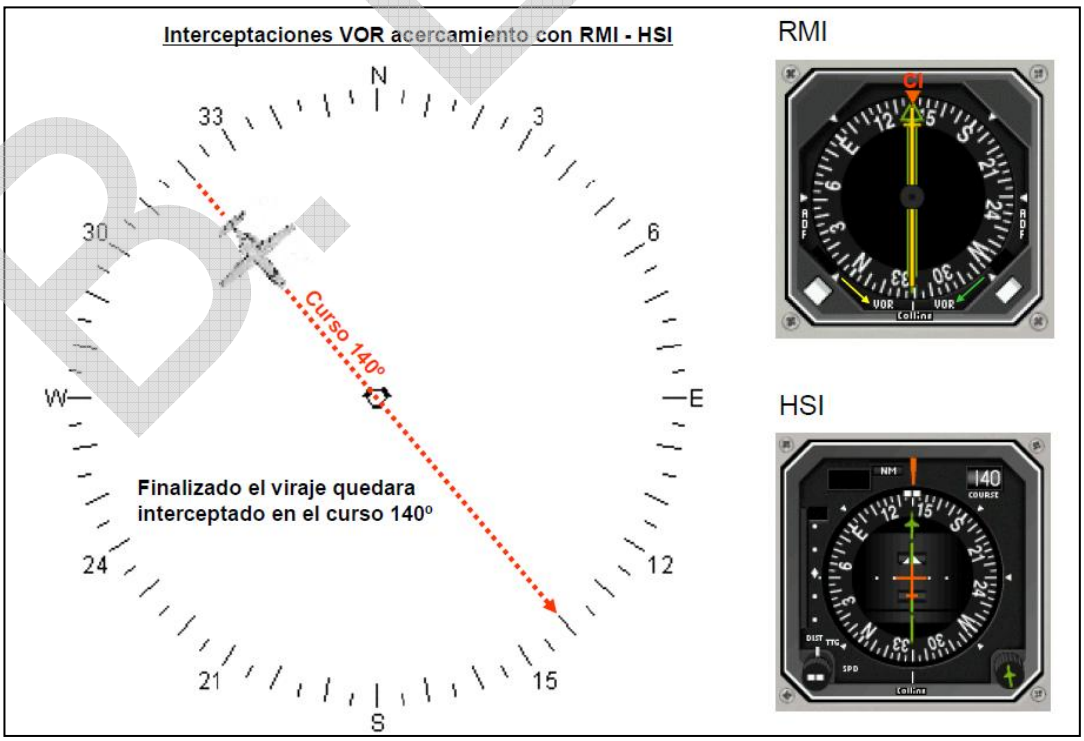


Figura 5-11

5.6.1 Errores comunes.

- Confundir los pasos a seguir, para determinar el rumbo de interceptación.

- Tratar de interpretar las indicaciones del RMI durante el viraje, (en ADF).

5.6.2 Interceptación En Acercamiento, Carátula Fija O Con Falla De RMI- HSI.

En este caso, se presenta una situación con falla del sistema de compases, vale decir, sin indicación de rumbo:

- Sintonice e identifique la estación.

- Póngase paralelo al curso deseado, para lo cual efectúe un viraje por tiempo.

- Verifique el número de grados que la punta de la aguja del radiocompás esta deflectada desde la pínola superior, para interceptar en acercamiento el curso deseado.

- Si es con VOR, centre el CDI con TO, (moviendo la perilla selectora de curso).

- Con el selector de rumbo, seleccione el rumbo magnético al que vuela al avión. Calcule la diferencia de grados entre el rumbo al cual está volando y el indicador del selector de curso.

- Aplique la fórmula y determine el rumbo de interceptación.

- Vire hacia la punta de la aguja el número de grados que está deflectada, más 30º aproximadamente. El número de grados virados es el ángulo de interceptación. Cuando la punta de la aguja se ha deflectado el mismo número de grados de la pinola superior que el ángulo de interceptación, el avión está en curso y se debe completar la interceptación, volando interceptado.

- Efectúe las correcciones de rumbo que sean necesarias para mantener la aguja en el curso y / o el CDI centrado. Cada vez

B.E.I.

que vire, mueva el selector de rumbo, para así visualizar la posición del avión respecto al curso seleccionado.

NOTA: El proceso completo se detalla en las siguientes figuras, **(Fig. 5- 12 a 5- 17)**

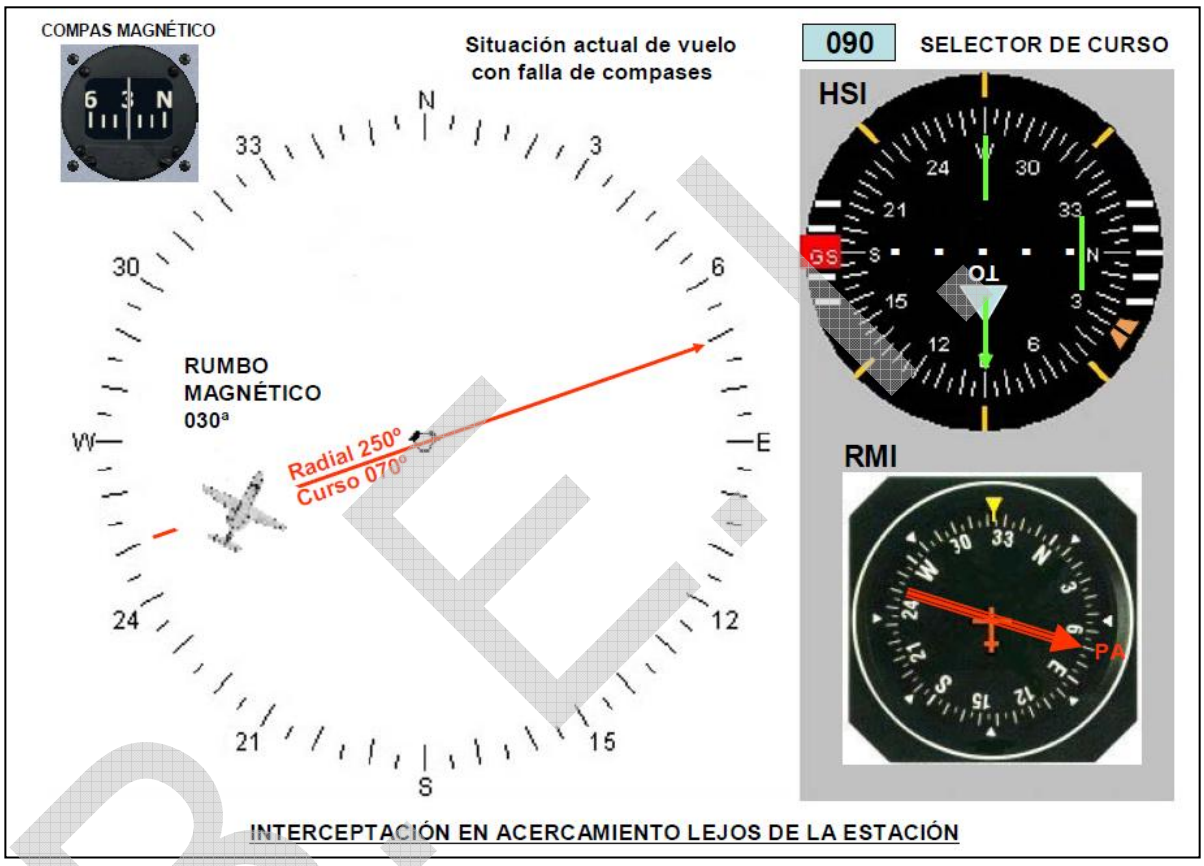


Figura 5-12

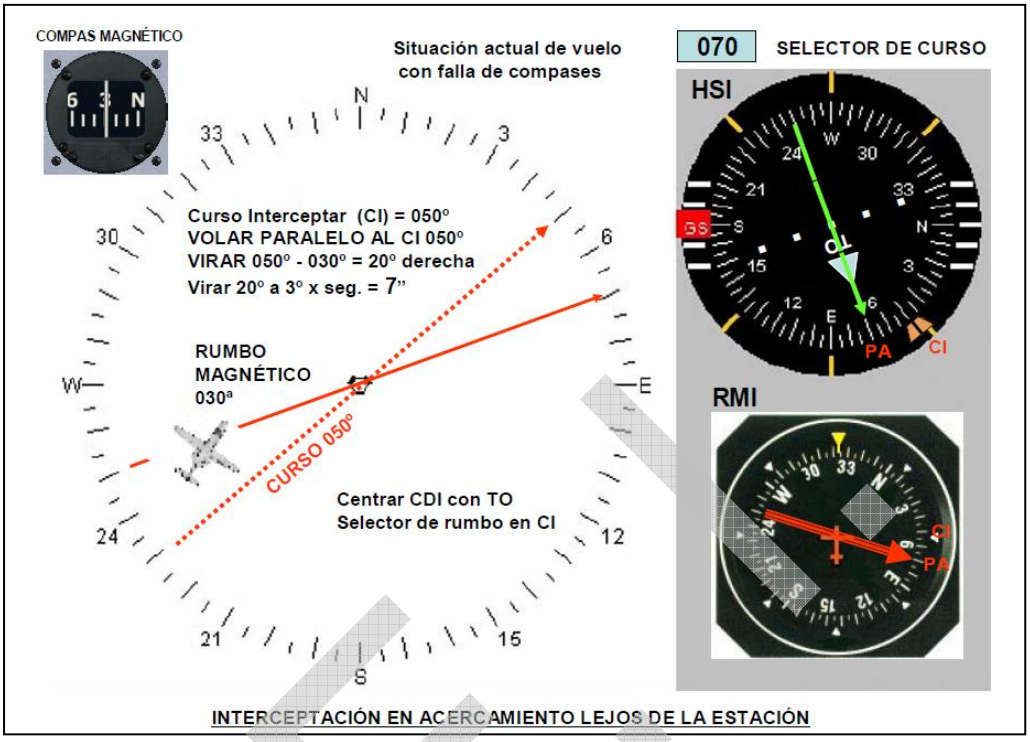


Figura 5-13

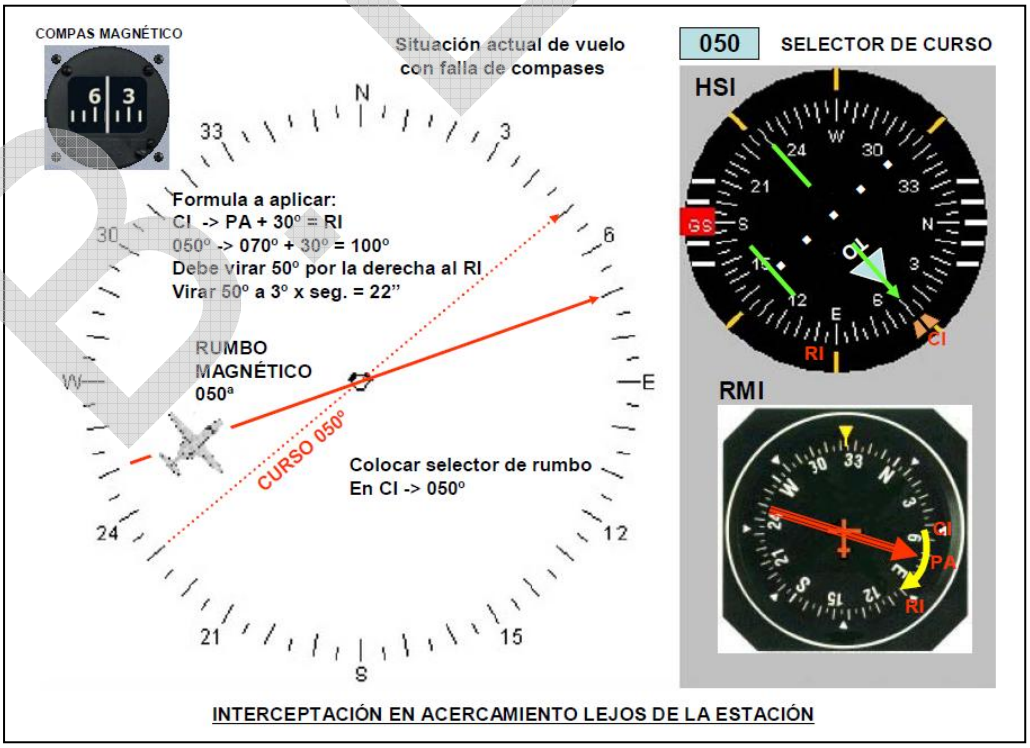


Figura 5-14

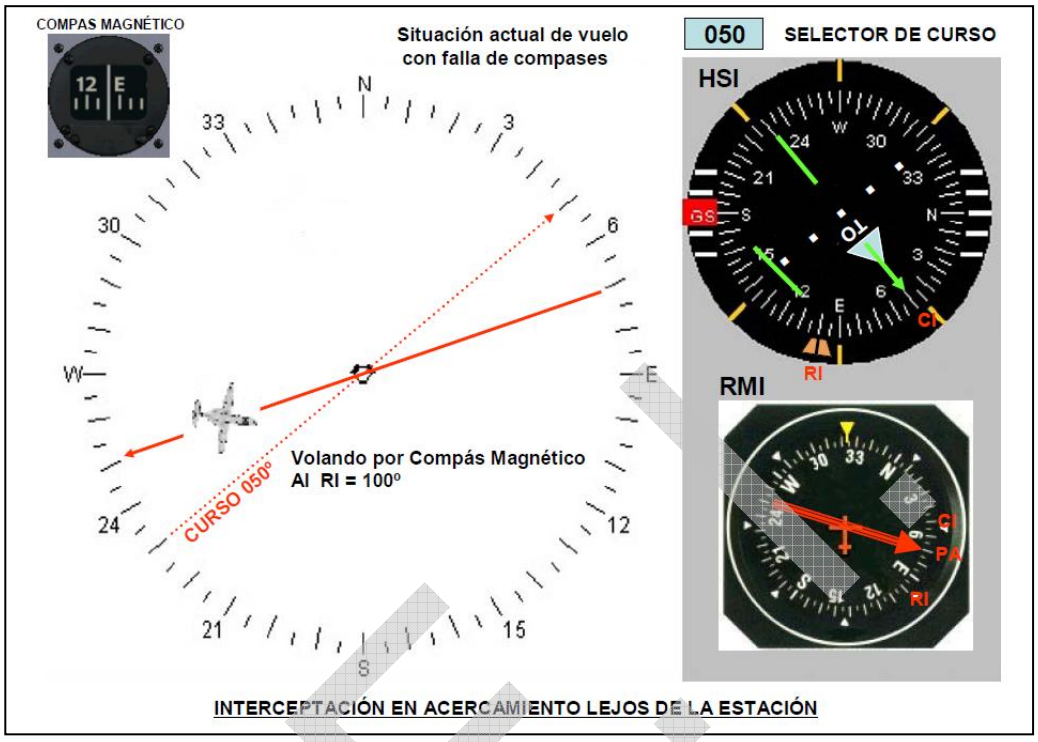


Figura 5-15

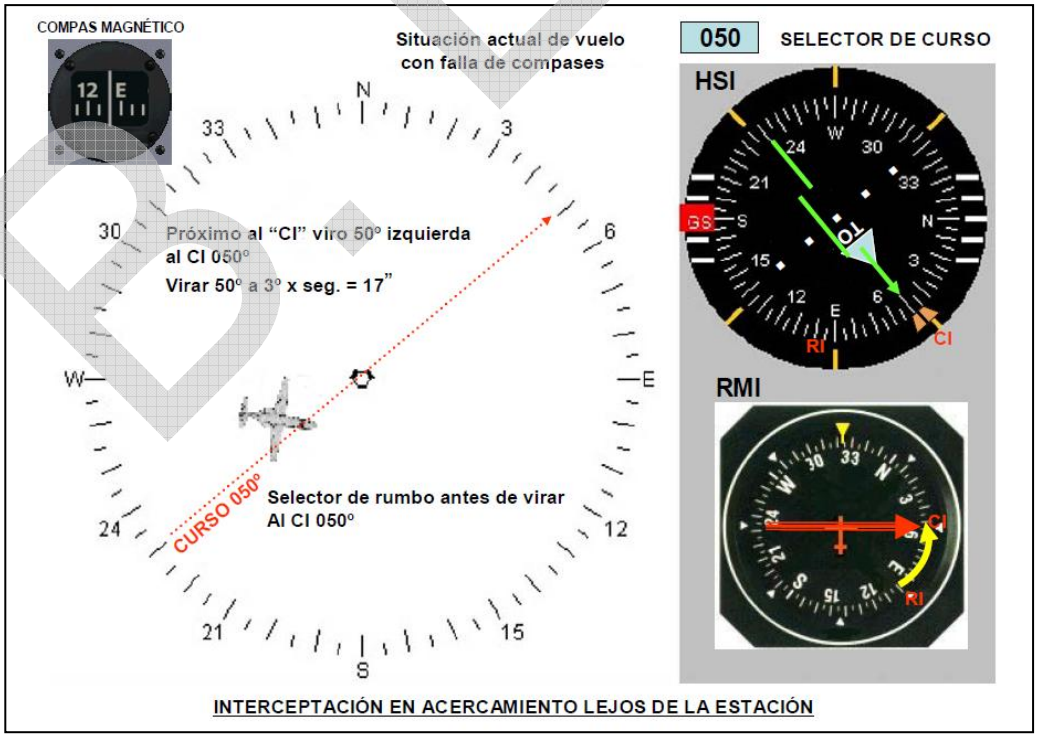


Figura 5-16

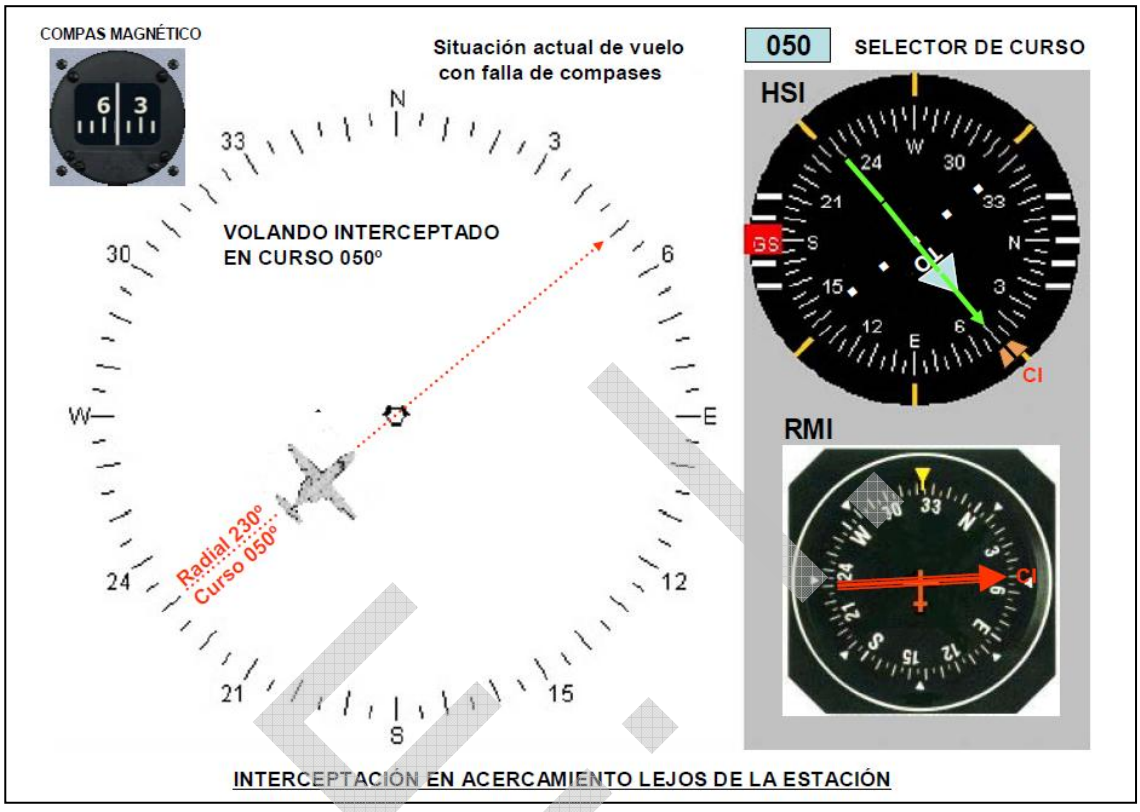


Figura 5-17

5.7 INTERCEPTACIÓN EN ALEJAMIENTO R.M.I.- H.S.I.

La siguiente técnica se aplica para las interceptaciones en alejamiento. En el caso de interceptaciones recién pasada la estación, solo varía que los grados a virar es la misma cantidad de grados desviado de la cola de la aguja al curso a interceptar.

- Sintonice e identifique la estación.

- Determine el rumbo de interceptación.

- Ubique la cola de la aguja en la carátula del RMI- HSI

- Desde esa posición, vire en el sentido contrario (alejándose de la cola), el mismo número de grados que ésta se encuentra desplazada del curso a interceptar, sin exceder los 45º.

- En el caso de VOR, ajuste el selector de curso al curso que desea interceptar y verifique la indicación en FROM.

- A medida que el avión se acerque al curso deseado, la cola de la aguja se moverá hacia el curso, al igual que el CDI se desplazará hacia el avión de referencia.

- Vire al rumbo del curso seleccionado, una vez alcanzado el punto de anticipo.

Para simplificar este procedimiento, se recomienda usar la siguiente fórmula:

CA ⟶ CI + misma cantidad de grados fuera de Curso = RI sin exceder 45º.

CA = Cola de la Aguja.
⟶ = Dirección que se debe aplicar en cada paso
CI = Curso que se desea Interceptar.
RI = Rumbo de interceptación.

NOTA: El proceso completo se detalla en las siguientes figuras, **(Fig. 5- 18 a 5- 22)**

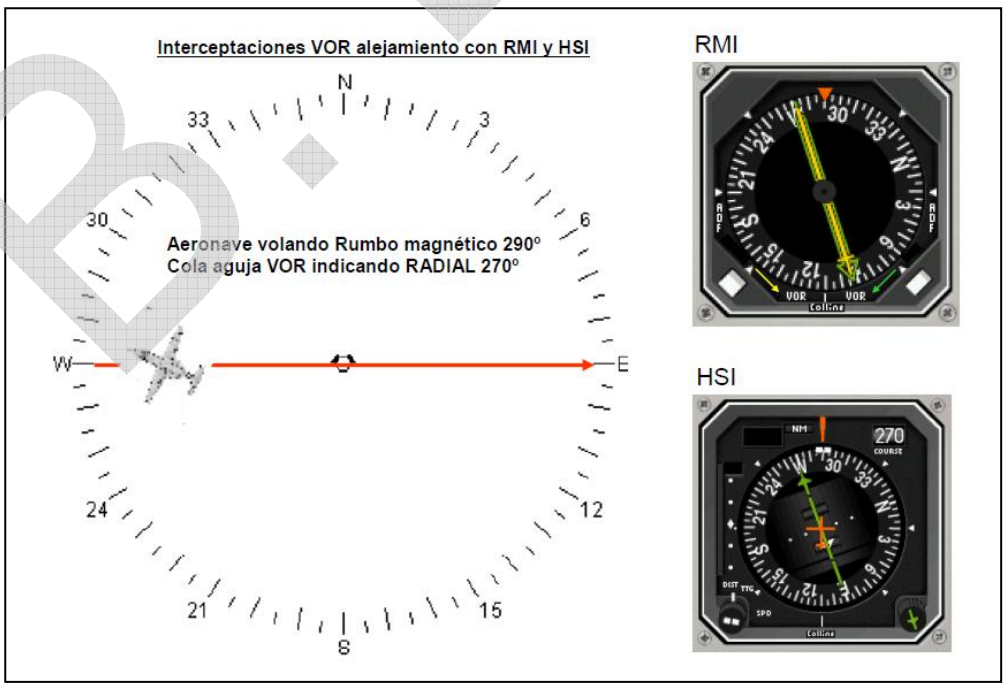


Figura 5-18

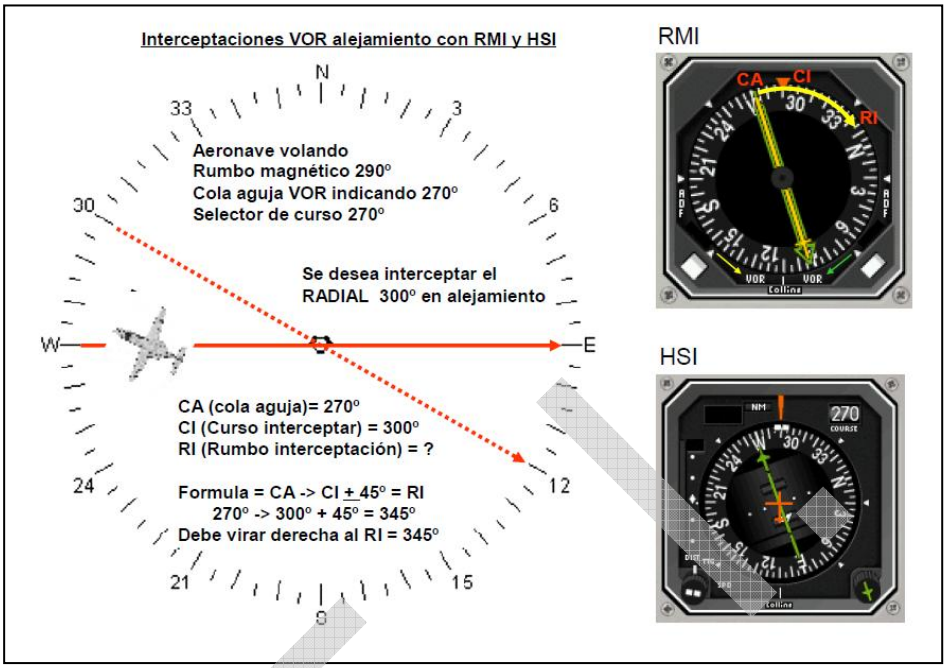


Figura 5-19

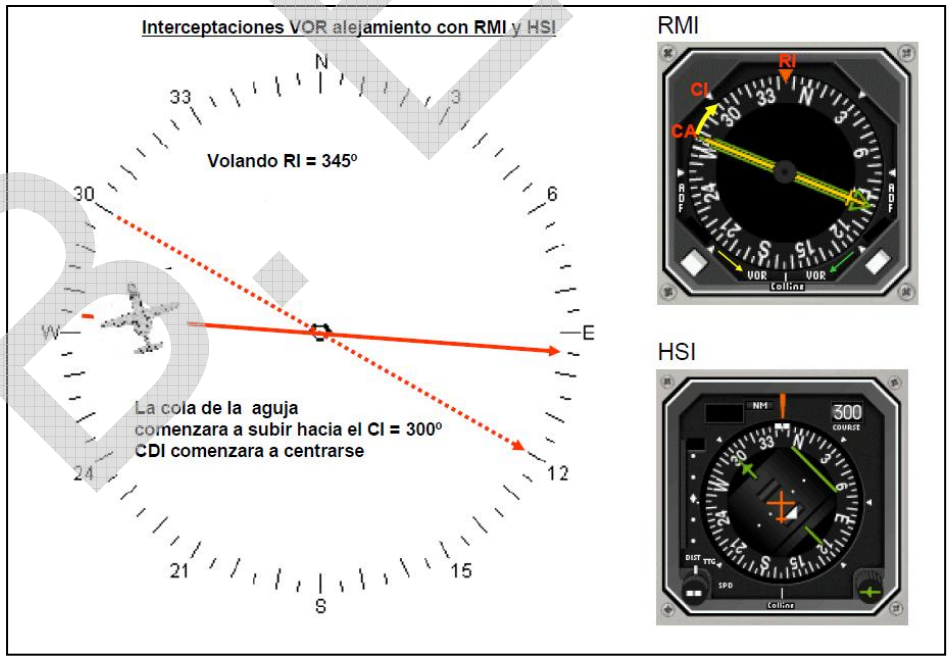


Figura 5-20

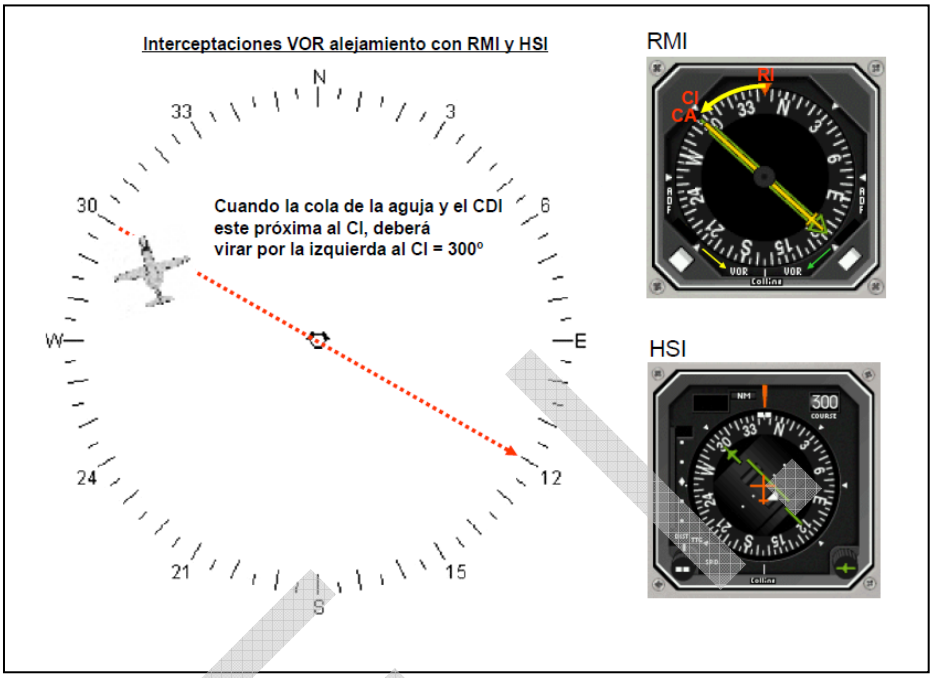


Figura 5-21

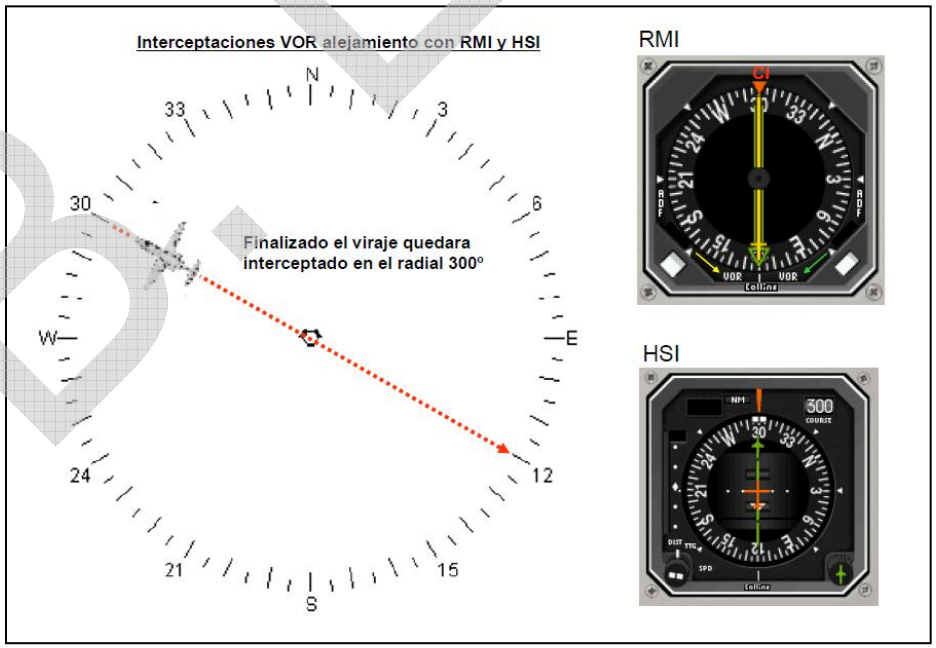


Figura 5-22

5.7.1 Errores comunes:

- Confundir los pasos a seguir.

- No aplicar la fórmula de interceptación.

- Análisis erróneo del desplazamiento de la cola de la aguja / CDI.

5.7.2 Interceptaciones en alejamiento, carátula fija o con falla de RMI- HSI

- Sintonice e identifique la estación.

- Vire el avión por el lado más corto, para quedar paralelo al curso deseado.

- Note la posición de la cola de la aguja del radiocompás, la cual debe estar dentro de los 90º del índice superior, para interceptar el curso en alejamiento.
- Centre el CDI con FROM, (moviendo el selector de curso). Una vez centrado, el indicador de curso le mostrará la posición de la cola de la aguja.

- Efectúe el cálculo según la fórmula, para determinar el rumbo de interceptación.

- Vire al rumbo de interceptación, al lado contrario de la cola, el suficiente número de grados para establecer una interceptación adecuada, por medio de un viraje con tiempo.

- Mantenga el rumbo de interceptación hasta que se alcance el punto de anticipo; luego complete la interceptación. Cuando la aguja está deflectada desde el índice superior la misma cantidad de grados que el ángulo de interceptación, el avión ésta en curso. Asimismo, cuando el CDI comience a centrarse, inicie el viraje para mantener el curso seleccionado.

NOTA: El proceso completo se detalla en las siguientes figuras, **(Fig. 5- 23 a 5-29)**

B.F.I.

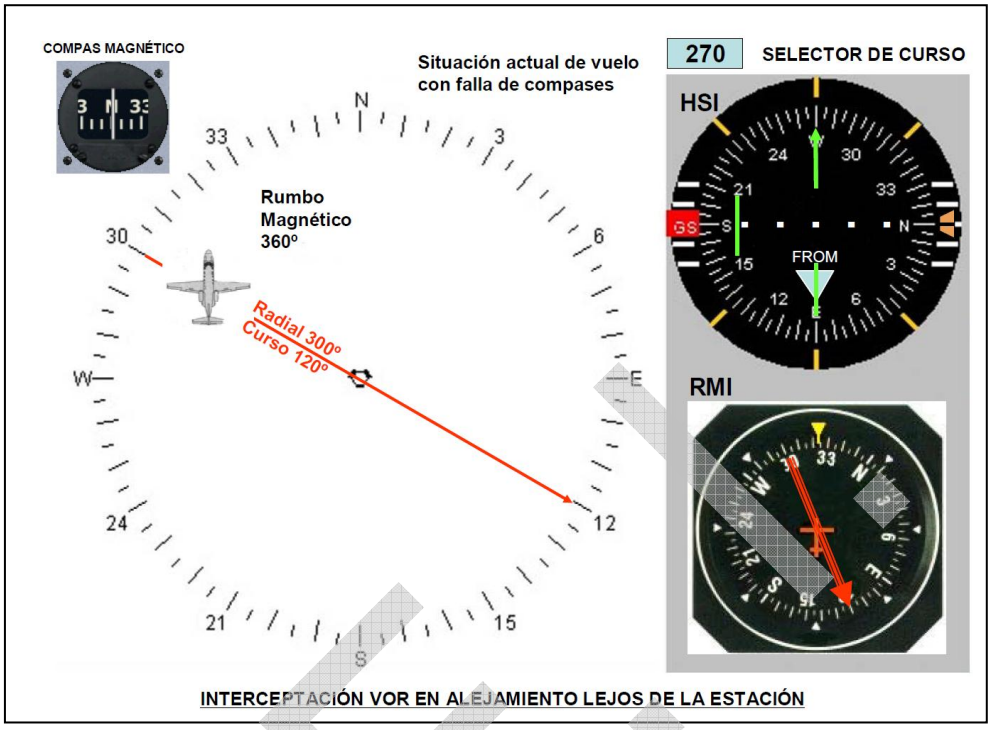


Figura 5-23

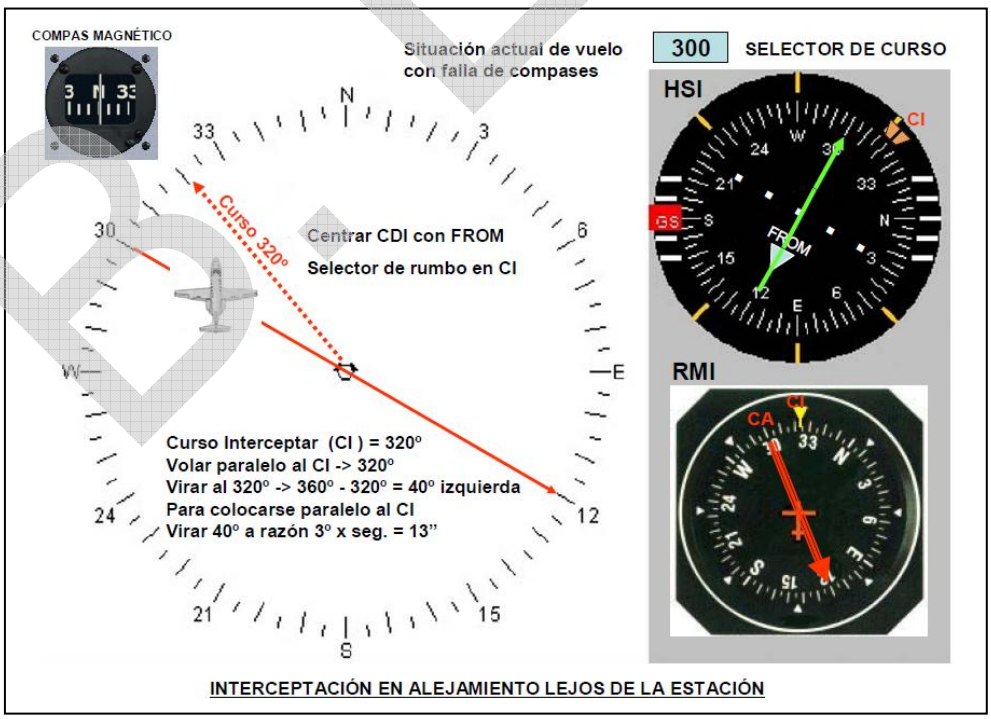


Figura 5-24

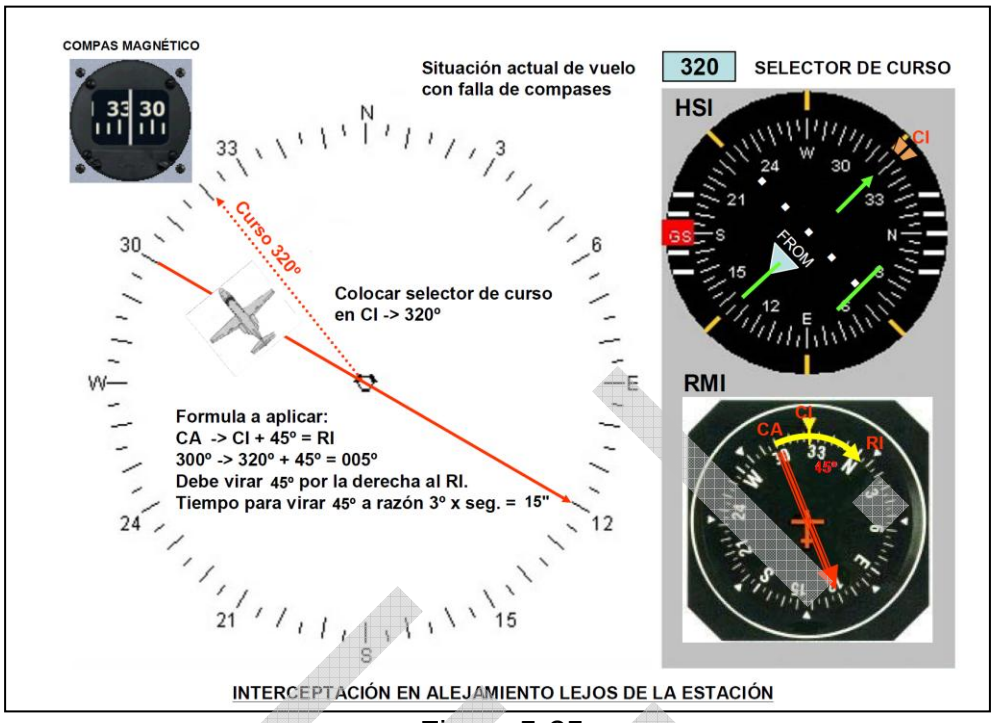


Figura 5-25

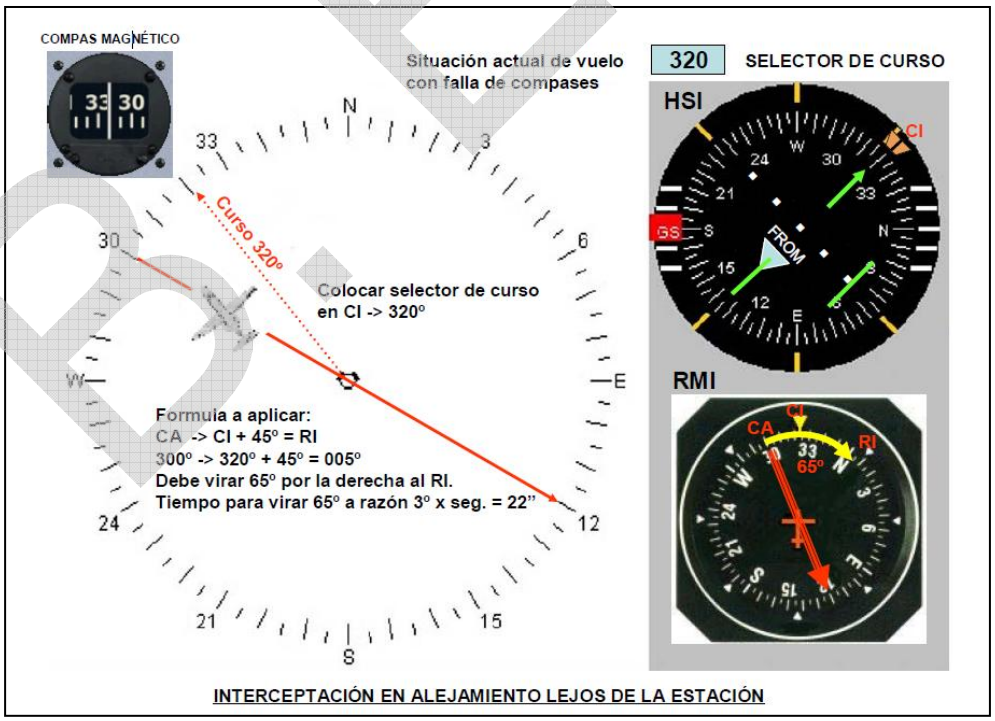


Figura 5-26

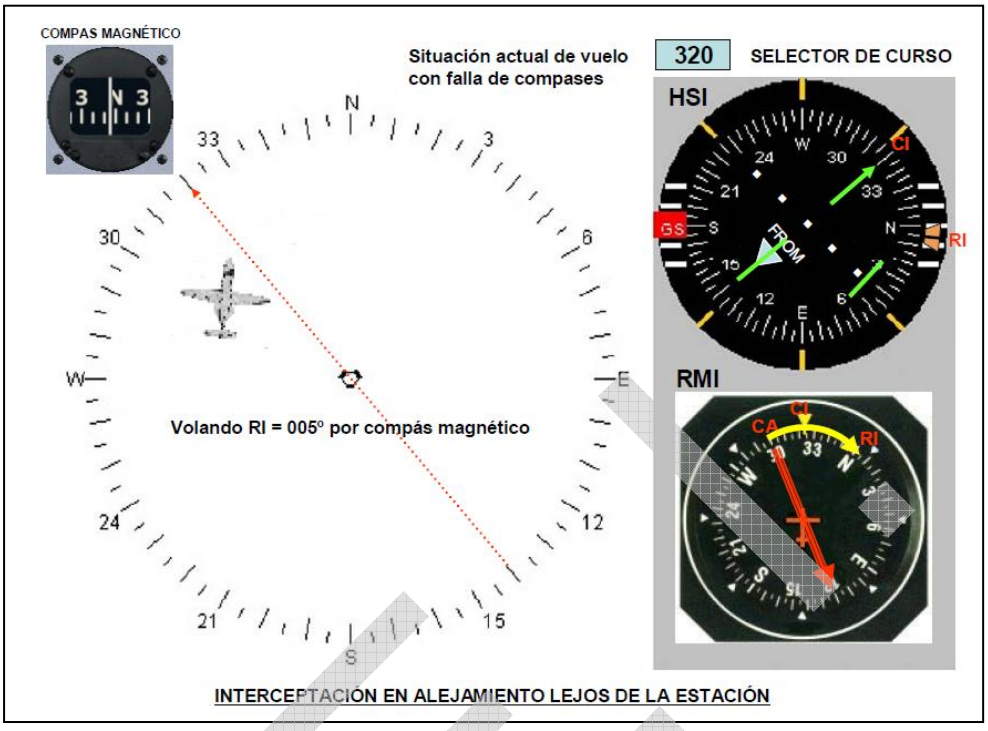


Figura 5-27

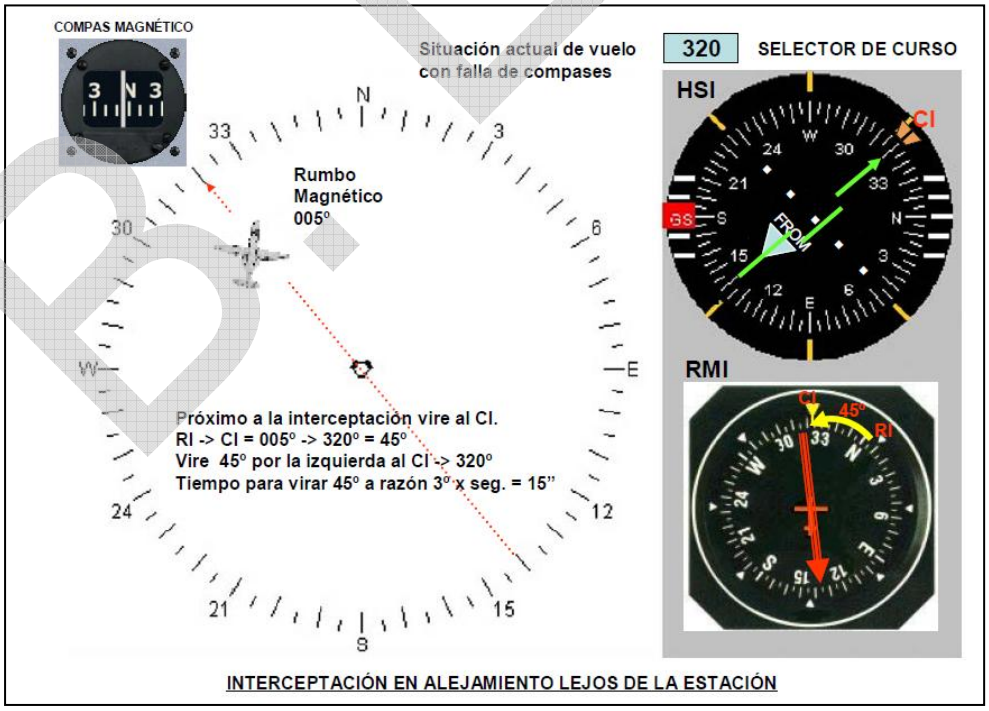


Figura 5-28

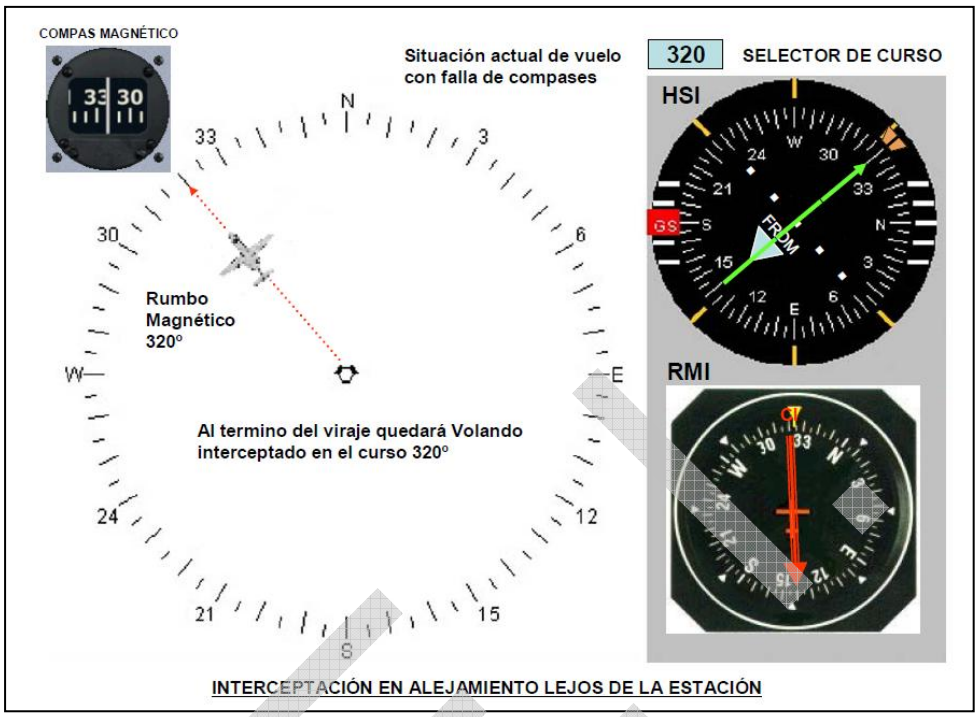


Figura 5-29

5.8 MANTENCIÓN DE CURSO

Para mantener cursos en acercamiento, mantenga el rumbo hasta que la punta de la aguja muestre una desviación del curso que se está manteniendo. Note la cantidad de grados de desviación. **(Fig. 5- 30)**

Reintercepte el curso con las técnicas ya conocidas de interceptación y haga la corrección de viento conforme a las siguientes consideraciones:

- El viento siempre vendrá desde el lado que indica la punta de la aguja del radiocompás, cuando se ha sufrido una desviación con respecto al curso interceptado.

- Después de reinterceptar el curso, apunte la nariz del avión hacia el viento, la misma cantidad de grados que tuvo la deflección durante la primera interceptación.

- Para determinar el viento, se hace estrictamente necesario mantener el rumbo después de la primera interceptación.

- Si la punta de la aguja del radiocompás se mueve hacia el índice superior, la corrección de deriva fue pequeña.

- Si la punta de la aguja se mueve alejándose del índice superior, quiere decir que la corrección de derivada fue mucha.

- Efectúe pequeños ajuste en el rumbo y recuerde que el ángulo de corrección de viento cambiará de acuerdo a la distancia que exista a la estación.

- Para mantener cursos en alejamiento, son los mismos procedimientos, pero ahora trabajando con la cola de la aguja del RMI- HSI.

- El análisis para determinar si la corrección fue útil o no, es también al revés:

- Si la cola se mueve hacia el índice superior, la corrección fue muy grande.

- Si la cola se mueve en sentido contrario, la corrección fue muy pequeña.

5.8.1 Errores comunes:

- Correcciones demasiado grandes cerca de la estación.

- En alejamiento, efectuar correcciones al lado opuesto.

- No mantener en buena forma el rumbo para poder determinar el viento.

B.E.I.

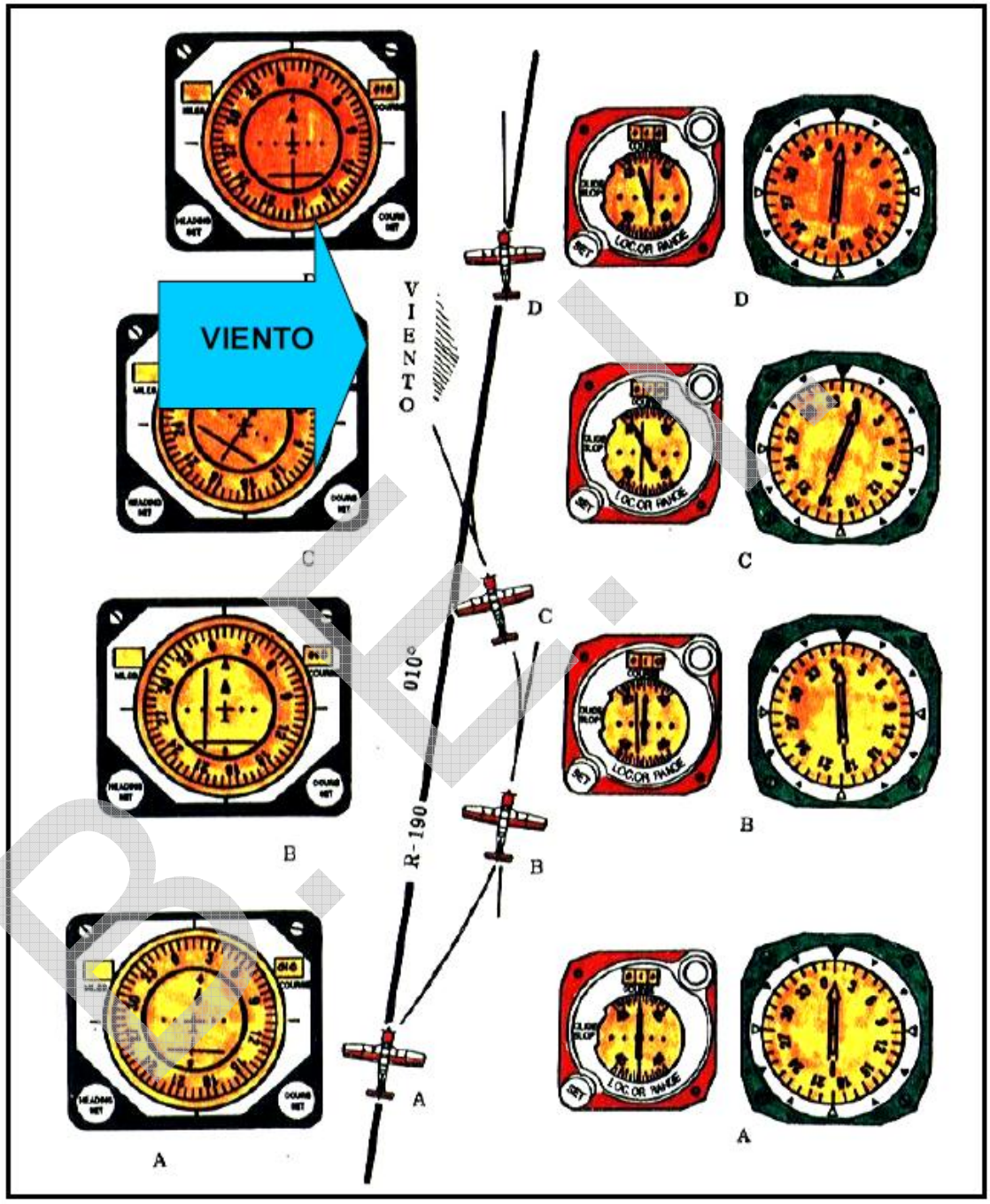


Figura 5-30

5.9 Inversión De Curso

El siguiente procedimiento es usado para interceptar el curso que se está volando, desde acercamiento a alejamiento y viceversa. **(Fig. 5-31)**

Para iniciar esta maniobra debe estar interceptado en un curso.

- Con el selector de rumbo, marque un rumbo correspondiente a 45º desde el curso que se vuela, hacia el lado por el cual se invertirá el curso.

- Vire al rumbo seleccionado y una vez con alas niveladas, tome el tiempo.

- Mantenga el rumbo por 01 minuto. A los 45 segundos, lleve el selector de rumbo al recíproco del rumbo que se vuela, por el lado opuesto al viraje inicial; además, lleve el selector de curso al curso opuesto al que se estaba interceptado.

- Al cumplirse el minuto, vire al rumbo recíproco por el lado opuesto al viraje inicial, de tal forma que quede con un ángulo de interceptación con el nuevo curso a interceptar. Verifique que el CDI quede arriba del selector de curso.

- Efectúe el viraje al curso a interceptar con el anticipo de acuerdo a la razón de interceptación que se mantiene.

Este procedimiento está publicado en aproximaciones fuera de Chile **(Fig. 5-31)**.

B.E.I.

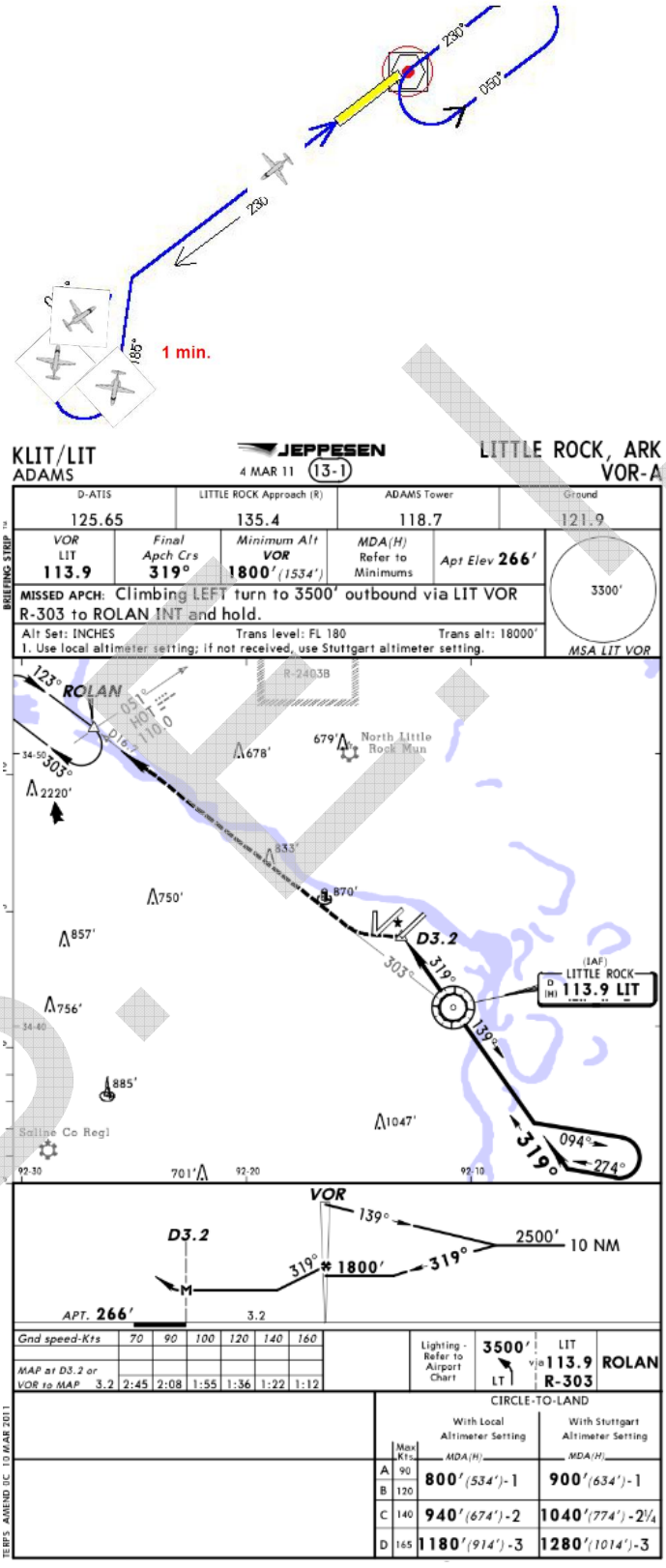

230°
050°
230
185°
1 min.
KLIT/LIT
ADAMS
JEPPESEN
4 MAR 11 (13-1)
LITTLE ROCK, ARK
VOR-A
D-ATIS 125.65
LITTLE ROCK Approach (R) 135.4
ADAMS Tower 118.7
Ground 121.9
VOR LIT 113.9
Final Apch Crs 319°
Minimum Alt VOR 1800′(1534′)
MDA(H) Refer to Minimums
Apt Elev 266′
MISSED APCH: Climbing LEFT turn to 3500′ outbound via LIT VOR R-303 to ROLAN INT and hold.
Alt Set: INCHES
Trans level: FL 180
Trans alt: 18000′
1. Use local altimeter setting; if not received, use Stuttgart altimeter setting.
3300′
MSA LIT VOR
BRIEFING STRIP
123°
ROLAN
051°
HOT
110.0
D16.7
R-2403B
678′
679′
North Little Rock Mun
303°
2220′
833′
870′
750′
857′
D3.2
303°
319°
(IAF)
LITTLE ROCK
D (H) 113.9 LIT
756′
139°
885′
1047′
Saline Co Regl
094°
319°
274°
701′
VOR
139°
D3.2
2500′
10 NM
319°
1800′
319°
M
APT. 266′
3.2
Gnd speed-Kts 70 90 100 120 140 160
MAP at D3.2 or VOR to MAP 3.2 2:45 2:08 1:55 1:36 1:22 1:12
Lighting - Refer to Airport Chart
3500′
LT
LIT
via 113.9
R-303
ROLAN
CIRCLE-TO-LAND
With Local Altimeter Setting
With Stuttgart Altimeter Setting
Max Kts
MDA(H)
A 90 800′(534′)-1 900′(634′)-1
B 120
C 140 940′(674′)-2 1040′(774′)-2¼
D 165 1180′(914′)-3 1280′(1014′)-3
TERPS AMEND DC 10 MAR 2011

Figura 5-31

5.10 PROCEDIMIENTOS VOR / DME

Los procedimientos VOR / DME en cuanto a la información de cursos, son semejantes a los procedimientos ADF / VOR. Analizaremos a continuación los diferentes procedimientos y técnicas VOR / DME, usando la información de distancia que proporciona este equipo.

5.10.1 Cálculo De La Velocidad Terrestre (VT)

Este cálculo se puede hacer mientras se vuela hacia (TO) o desde (FROM) una estación VOR / DME, debidamente interceptado. Como guía, sin embargo, las comprobaciones de velocidad terrestre, se deben realizar sólo cuando la distancia oblicua del avión es "MAYOR QUE LA ALTITUD DEL AVION DIVIDIDA POR 1000"

Por ejemplo: Si el avión está a nivel de vuelo 200 (20.000 pies aproximadamente), la comprobación de la V.T. se debe efectuar cuando el avión esté más lejos de 20 MN.

Sin embargo, todas las comprobaciones hechas bajo 5.000 pies son confiables a cualquier distancia.

Para realizar la comprobación de la VT, se empieza a contar el tiempo cuando el indicador DME señale un número entero (para que sea más fácil).

(Fig. 5- 32)

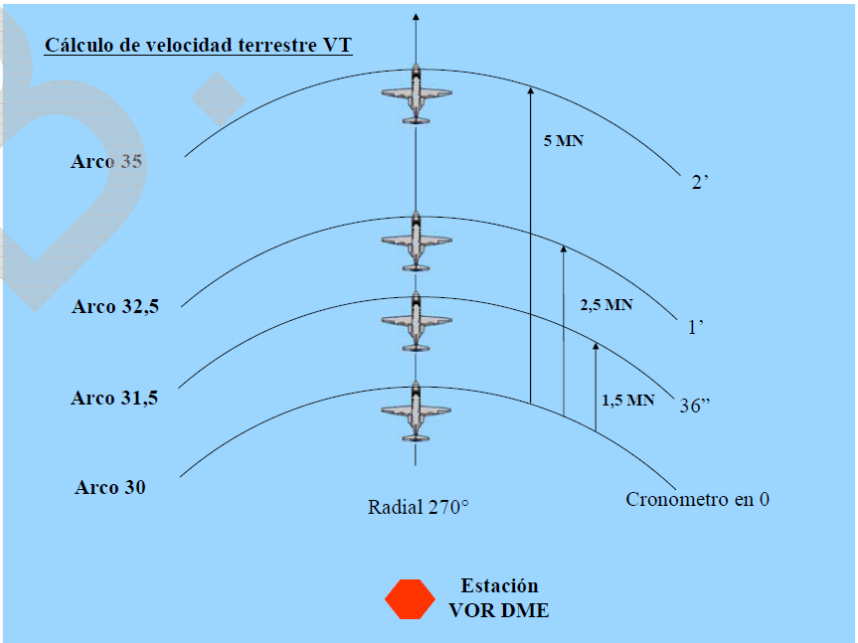


Figura 5-32

Después que ha pasado el tiempo predeterminado, se comprueba en el indicador DME, la distancia recorrida. Posteriormente, estos datos se aplican a la siguiente fórmula:

$$VT = \frac{\text{DISTANCIA VOLADA X 60}}{\text{TIEMPO (minutos)}}$$

Recuerde que en todo momento debe mantener interceptado un curso mientras se efectúa el cálculo.

Mientras mayor sea el tiempo empleado para el cálculo, más exacta será la VT obtenida.

Para simplificar cálculos, se usa un tiempo de comprobación de 2 minutos o 1 minuto, y se multiplica la distancia volada por 30 o 60 respectivamente.

Ejemplo:

$$VT = \frac{\text{DISTANCIA VOLADA X 60}}{\text{2 minutos}}$$

VT = DISTANCIA VOLADA X 30

Si no dispone del tiempo suficiente para calcular la VT, se puede calcular la distancia recorrida en 36 seg. y multiplicar este resultado por 100.

Ejemplo:

En 36 segundos recorrió 1.5 DME. Quedará
1.5 x 100 = 150 Kts.

Este procedimiento es especialmente recomendable para aviones de alta performance, cuando se debe calcular el anticipo de radial a arco en trabajo de área terminal (TMA) y no se dispone de la VT con anticipación.

5.10.2 Interceptaciones de Radial a Arco

Si estamos volando interceptado en un curso de una estación VOR / DME, tanto en acercamiento como en alejamiento, y queremos orbitar un arco, se deberá efectuar el siguiente procedimiento: **(Fig. 5- 33 a la 5-34)**

B.E.I.

- Se calculará el anticipo en MN, para pasar del radial que se está volando a un arco, con una de las siguientes formulas:

- Para viraje estándar (3º/seg.), el anticipo será de 0.5% de la V.T. en MN.

Ejemplo: VT= 160 Kts.; luego, 0.5% VT = 0.8 MN.

- Para viraje medio estándar (1.5 /seg.), el anticipo será de 1% de la VT.

Ejemplo: VT = 160 Kts.; luego, 1% VT = 1.6 MN.

- Para virajes de 30º de inclinación alar, el anticipo estará determinado por:

La VT en (MN/ Min) – 2 MN ó
La velocidad (Mach x 10) – 2 MN.

NOTA: Se recomienda usar esta fórmula en aviones con velocidades sobre 210Kts. de VT; de lo contrario excederá los 30º de inclinación alar máxima para mantener un viraje estándar.

- En aviones con velocidades de 150 Kts. o menos, el anticipo a usar será de 0.5 MN y virar con 30º de inclinación alar.

- El número de MN de anticipo ya determinado, será el factor a sumar (si está en acercamiento) o restar (si está en alejamiento) al arco DME que se quiere orbitar.

Ejemplo:

Estamos volando en acercamiento el radial 180º de una estación VOR/DME. Queremos orbitar el arco 30 DME con viraje a la derecha.

Debemos efectuar, por tanto, los siguientes procedimientos:

- Calcular nuestra VT con el procedimiento explicado anteriormente.

- Supongamos que en este caso nos resultó una VT de 240 Kts.

B.E.I.

- Calculamos a continuación el número de MN de anticipo para un viraje estándar (3º/ seg.).

240 / 60 = 4 – 2MN = ---------- 2 MN.

- Por estar en acercamiento, se deberá sumar este anticipo al arco que queremos ingresar.

(30 DME + 2) = 32 DME.

- Una técnica para realizar el viraje de interceptación del radial 180° (curso 360°) a la mantención del arco, es virar 080° si se encuentra volando en acercamiento hacia el VOR, o 100° en alejamiento (curso 180º) del VOR (figura 5-33) .

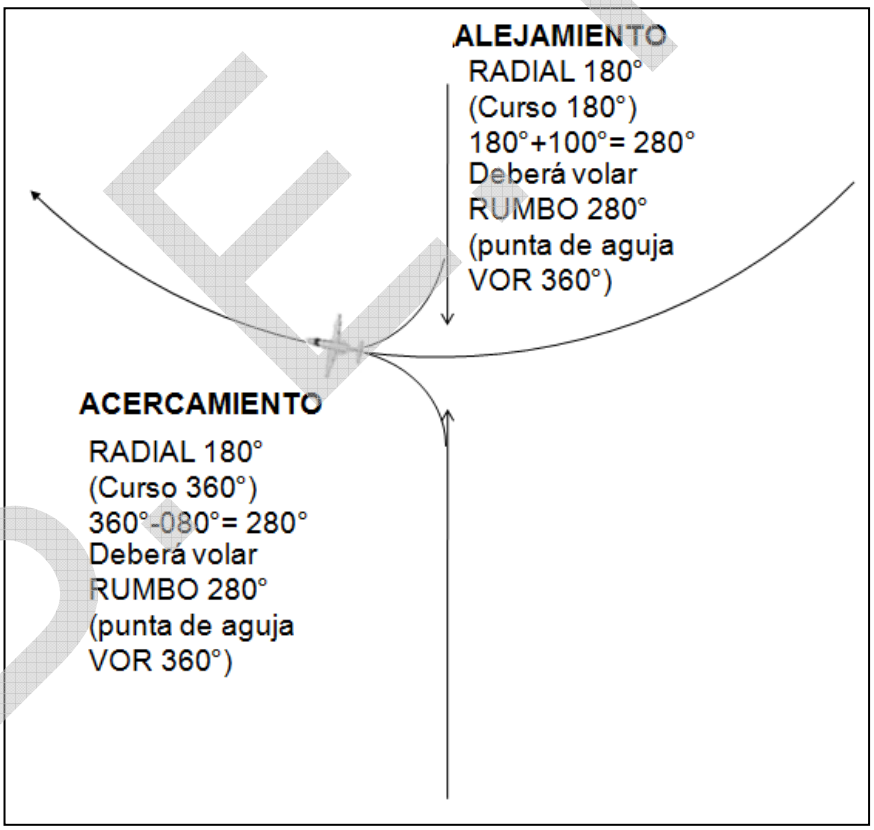


Figura 5-33

El propósito de este viraje es quedar con un leve ángulo hacia la dirección en que se encuentra la radioayuda y no derivar hacia el exterior del arco producto del desplazamiento de la aeronave.

Por lo tanto en acercamiento y en el caso de volar a 240 KTS (figura 5-34), cuando el indicador DME indique el arco 32, se deberá efectuar un viraje a la izquierda al rumbo 280º para dejar la aguja en la indicación de los 360º (10° sobre a la referencia de la punta de ala derecha). Al término de este viraje en condiciones de cero viento, el avión se encontrará orbitando el arco 30 con viraje a la derecha.

NOTA: La indicación de la punta de aguja VOR en el RMI, dará siempre la indicación del viraje cuando se está establecido en un arco.

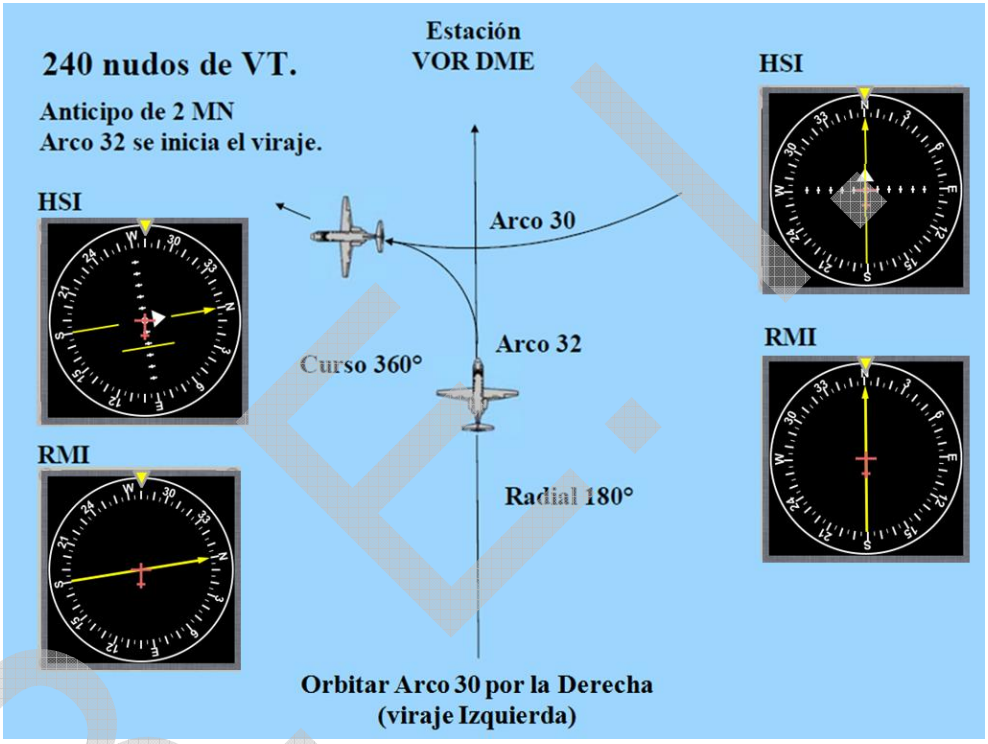


Figura 5-34

Para el ejemplo de alejamiento y suponiendo volamos otra aeronave y desarrollamos una VT de 120 KTS (0.6 MN de anticipo) para orbitar el arco 20 (figura 5-35), cuando el indicador DME indique el arco 19.4, se deberá efectuar un viraje a la derecha al rumbo 010º para dejar la aguja en la indicación de los 090º (10° sobre a la referencia de la punta de ala derecha). Al término de este viraje en condiciones de cero viento, el avión se encontrará orbitando el arco 20 con viraje a la derecha.

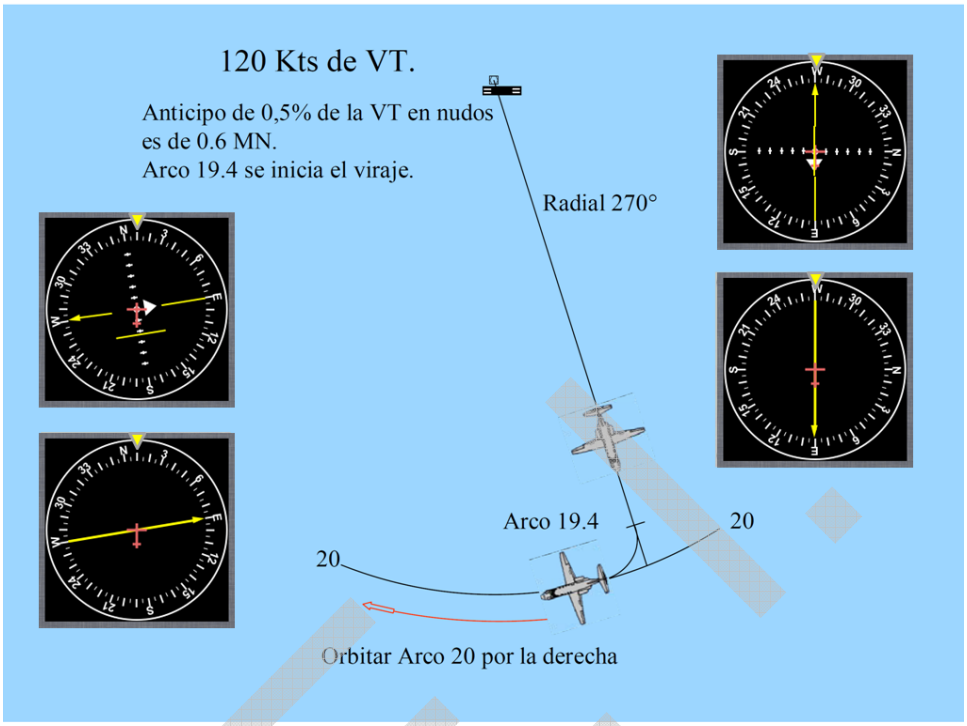


Figura 5-35

5.10.3Mantención de Arco

Para la mantención de un arco, debe volar un rumbo para mantener la aguja del RMI en la referencia de punta de ala y la distancia deseada en el indicador DME.

Las desviaciones en el indicador DME, no deben ser mayores a 0.5 MN del arco que se pretende volar. **(Fig. 5- 36 / 39)**

Algunas de las técnicas para realizar estos procedimientos, son las siguientes:

- Se puede establecer un pequeño ángulo de inclinación alar, del que resultará un régimen de viraje que mantendrá la aguja del RMI sobre el punto de referencia que se ha seleccionado. Se recomienda esta técnica cuando la distancia hacia la estación sea pequeña, (5- 10 DME).

- Otra técnica es volar una serie de tramos rectos y cortos, para mantener el arco. Para orbitar un arco de esta forma, se ajusta el rumbo de la aeronave, para situar la aguja del RMI

10º por encima del punto de referencia seleccionado. Mantenga el rumbo hasta que la aguja del RMI se desplace 5º por debajo del punto de referencia. La distancia debe decrecer suavemente, mientras la aguja del RMI está por encima del punto de referencia y aumentar suavemente cuando está por debajo del punto de referencia. Si por alguna razón excede de ± 0.5 MN del arco que debe mantener, debe corregir de la siguiente manera:

- Por cada 0.5 MN que derive HACIA la estación, debe agregar 5º más bajo la indicación de punta de ala, para volar hacia afuera del arco.

- Por cada 0.5 MN que derive FUERA de la estación, debe agregar 10º más sobre la indicación de punta de ala, para volar hacia dentro del arco.

NOTA: Si conoce el viento que lo va a afectar, aplique la siguiente fórmula para calcular la deriva:

$$\text{DERIVA} = \frac{\text{INTENSIDAD DEL VIENTO}}{\text{VT en (MN/Min.)}}$$

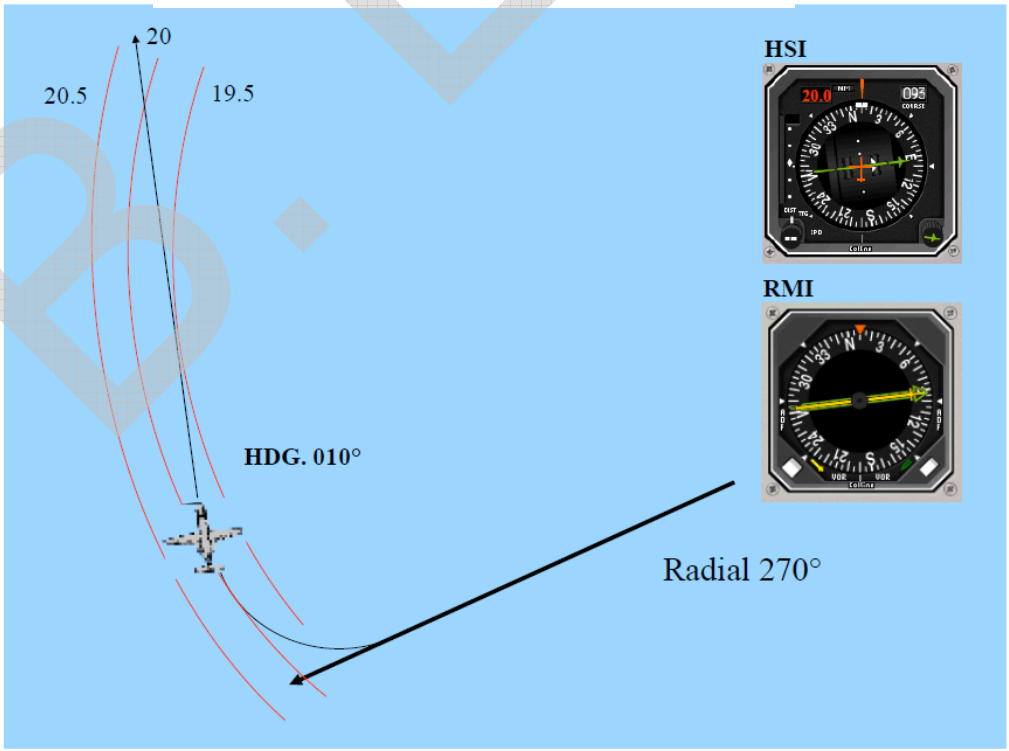


Figura 5-36

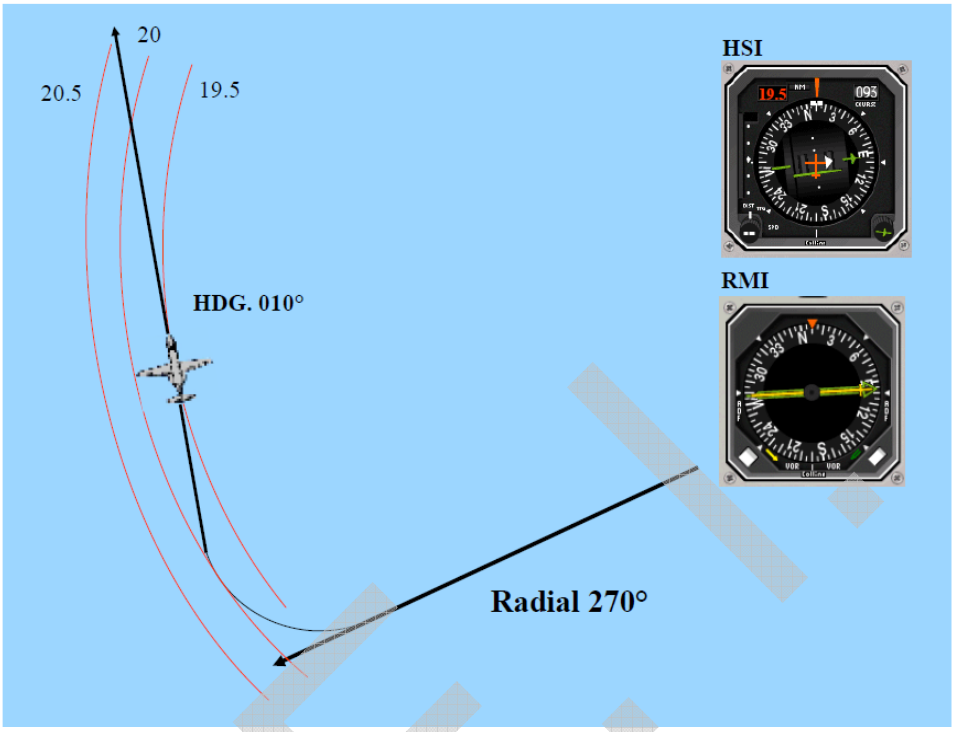


Figura 5-37

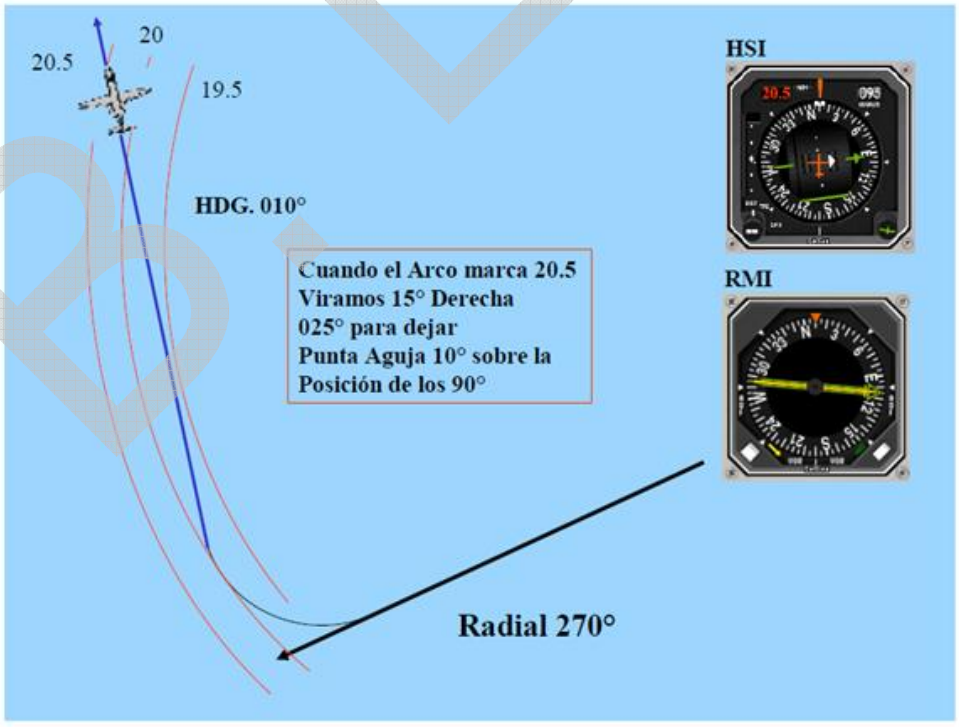


Figura 5-38

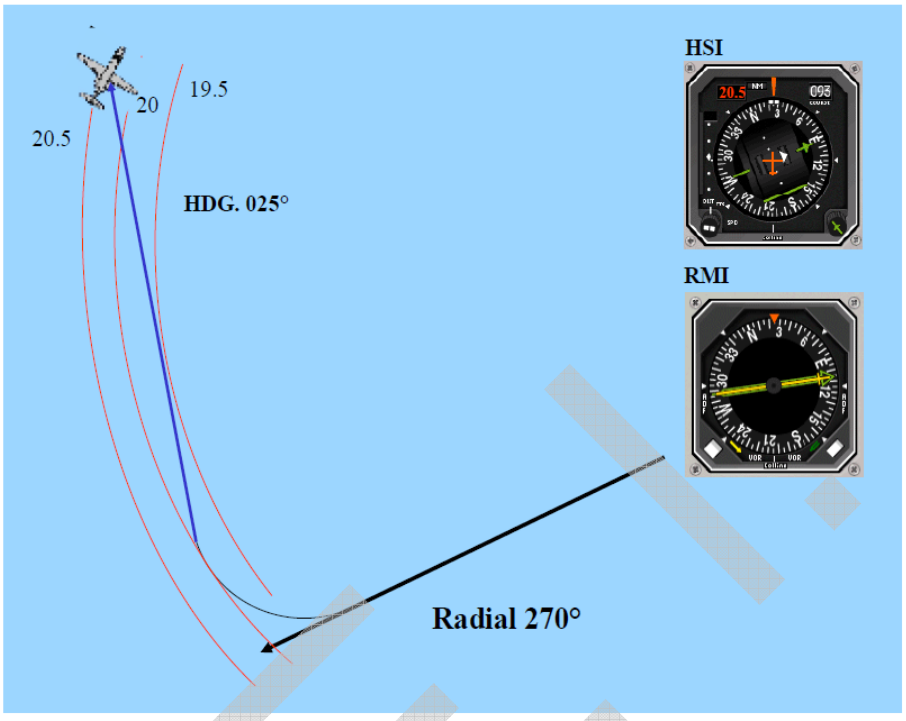


Figura 5-39

5.10.4 Interceptación Arco a Radial

Si estamos orbitando un arco determinado de una estación VOR/DME, tanto en viraje a la derecha como a la izquierda, y queremos interceptar un curso, se deberá aplicar uno de los siguientes procedimientos: **(Fig. 5- 40)**

5.10.4.1 Si no conoce la VT que tiene:

- Centre el CDI con TO y tome el tiempo según la razón de viraje que usará para la interceptación.

• 20 seg. si efectuará un viraje estándar.
• 40 seg. si efectuará un viraje medio estándar.

NOTA: Al tomar el tiempo, es importante mantener el rumbo constante.

- Al completar el tiempo, centre el CDI nuevamente y vea la cantidad de grados que se desplazó el CDI.

- La cantidad de grados de desplazamiento que hubo en el tiempo computado, será el anticipo a usar.

- Coloque luego, con el selector de curso, el anticipo calculado para el curso o curso que se desea interceptar.

- Si se está manteniendo un arco con virajes a la izquierda, deberá sumar el anticipo al curso que desea interceptar.

- Si está manteniendo un arco con virajes hacia la derecha, deberá restarle el anticipo al curso que desea interceptar.

Ejemplo: Si desea interceptar el curso 090º y está manteniendo el arco 10
DME con virajes a la izquierda, deberá por lo tanto:

• Centrar el CDI con TO; mantener el rumbo constante y tomar el tiempo según el anticipo que desea usar.

• Supongamos que ocupa 20 seg. para viraje estándar y el desplazamiento del CDI fue de 6º. Por tanto, su anticipo para el viraje son 6°.

• Ajuste el selector de curso, al curso que desea interceptar.

• Una vez que el CDI comience a centrarse, verifique que indique el anticipo calculado para iniciar su viraje. Ajuste su inclinación alar conforme a la razón de centrado del CDI, para obtener una mejor interceptación del curso.

5.10.4.2 Si conoce la VT que se está manteniendo.

Para viraje estándar:

$$\text{Nº de grados de anticipo} = \frac{60 \times (0.5\%\ VT)}{\text{Distancia a la estación}}$$

Para viraje medio estándar:

$$\text{Nº de grados de anticipo} = \frac{60 \times (1\%\ VT)}{\text{Distancia a la estación}}$$

NOTA: Estas fórmulas están basadas en que a 60 MN de una estación VOR, la distancia entre 2 radiales es de 1 MN.

B.E.I.

Para simplificar este cálculo y efectuarlo en forma rápida en vuelo, debe:

- Dividir 60 por el Nº del arco que está volando.

Ejemplo: Está manteniendo el Arco 10

60: 10 = 6

Esto significa que en el Arco 10, 6 radiales corresponden 1 MN

- Luego multiplique esta cifra (6 radiales) por 0,5% VT ó 1% VT (según razón de viraje que empleará)

Ejemplo: La VT es de 200 Kts. y se virará con viraje estándar.

Luego 0.5% de 200 Kts. = 1 MN.

- Finalmente, multiplique ambos resultados y obtendrá un anticipo de 6º para un viraje estándar. Note que este resultado obtenido es exactamente igual al obtenido con el procedimiento descrito en el punto anterior (5.10.4.1).

NOTA: Se recomienda este procedimiento, para pilotos con mayor experiencia, ya que no siempre el cálculo dará cifras exactas y si no se domina bien la técnica, se puede perder mucho tiempo.

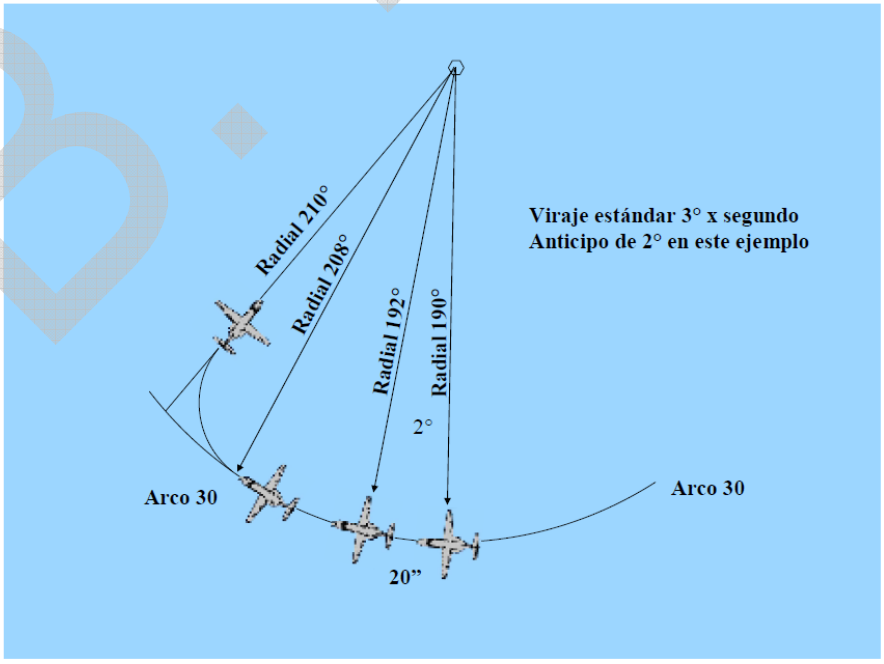


Figura 5-40

5.10.5Paso Sobre Una Estación VOR / DME

Al volar en niveles que corresponden al E.A.S. (Espacio Aéreo Superior), y se está por pasar vertical una estación VOR / DME, la aeronave ingresa en el cono de confusión del VOR por un período considerable de tiempo. Como la amplitud del cono varía con la altitud (a mayor altitud, más grande es el cono) y la información VOR en esta zona fluctúa demasiado (ya que el tiempo real empleado en cruzar el cono, varía en relación con la altitud y la VT), debe considerarse otra referencia para dar por pasada la estación.

Es ese el momento en que el indicador DME es una referencia útil. El indicador de distancia continúa disminuyendo hasta que el avión esta sobre la estación y comienza a aumentar cuando pasa sobre ésta.

Por lo tanto:

“EL PASO DE LA ESTACIÓN SE CONSIDERA CUANDO EL INDICADOR DME DEJA DE DISMINUIR Y COMIENZA A AUMENTAR”. Esto sucederá cuando indique aproximadamente la altura del avión sobre la estación, en millas náuticas. **(Fig. 5- 41)**

Si se encuentra en niveles bajos en los cuales el cono de confusión es prácticamente despreciable, utilice el criterio del procedimiento VOR para paso vertical la estación (paso de TO a FROM).

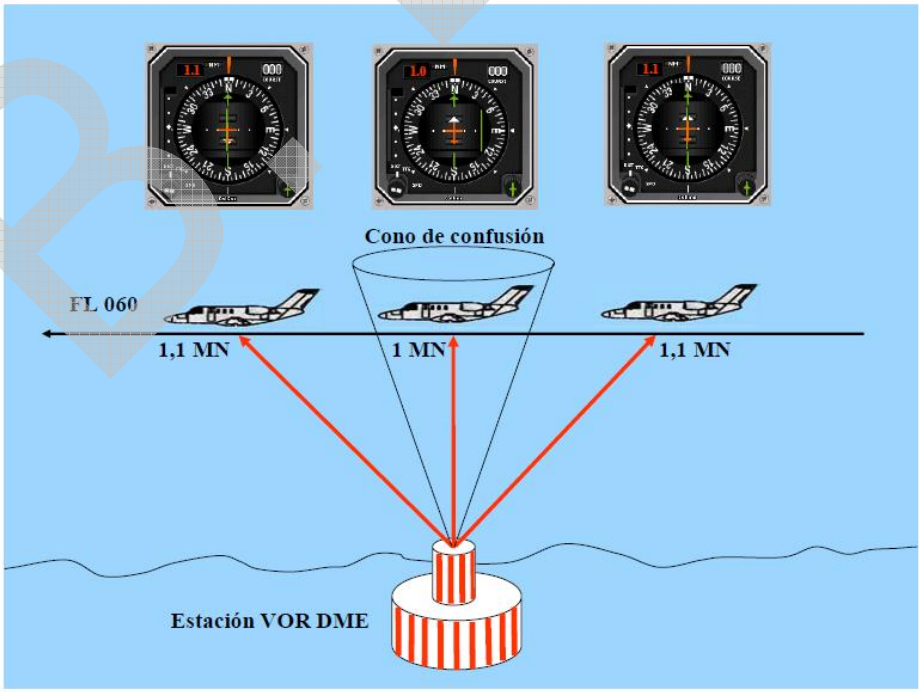


Figura 5-41

5.10.6 Circuitos de Espera VOR/DME

El VOR/DME ofrece varias ventajas sobre otros sistemas para efectuar circuitos de espera, pues proporciona virtualmente un número ilimitado de puntos de espera, basados en distancias recorridas y no en tiempos reconocidos.

Para ingresar a un circuito de espera VOR/DME, se sigue un curso determinado y cuando se llegue a la distancia designada como punto de referencia, se efectúa un viraje en la dirección convenida para ingresar a dicho circuito.

Los siguientes son distintos tipos de Circuito de Espera en uso:

a. Mantener entre dos radiales y una distancia, **(Fig. 5- 42)**

Este procedimiento se conoce como “Riñón”.

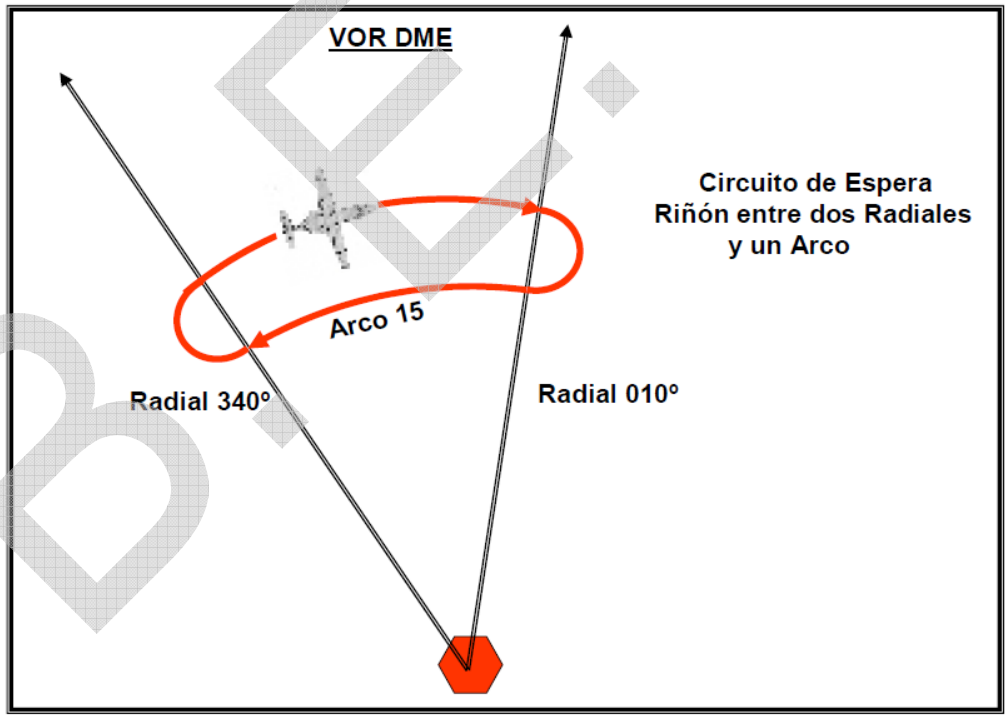


Figura 5-42

b. Mantener un radial limitado por una o dos distancias. **(Fig. 5- 43 / 44)**

Es el tipo de circuito de espera más usado en VOR/DME y se ocupa normalmente en las aproximaciones.

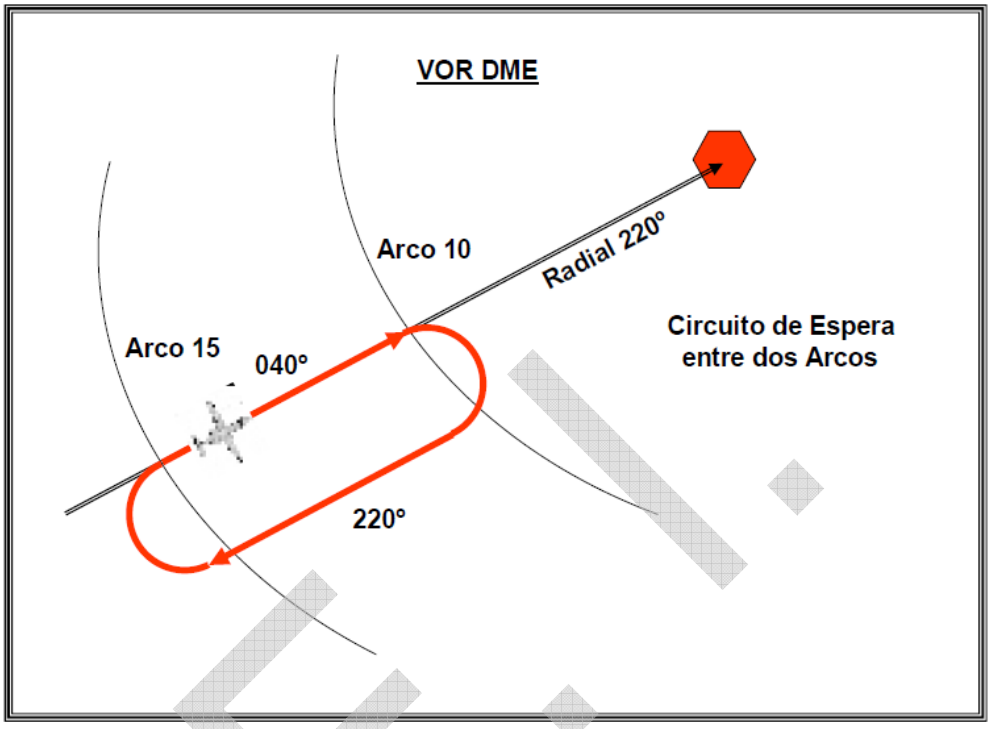


Figura 5-43

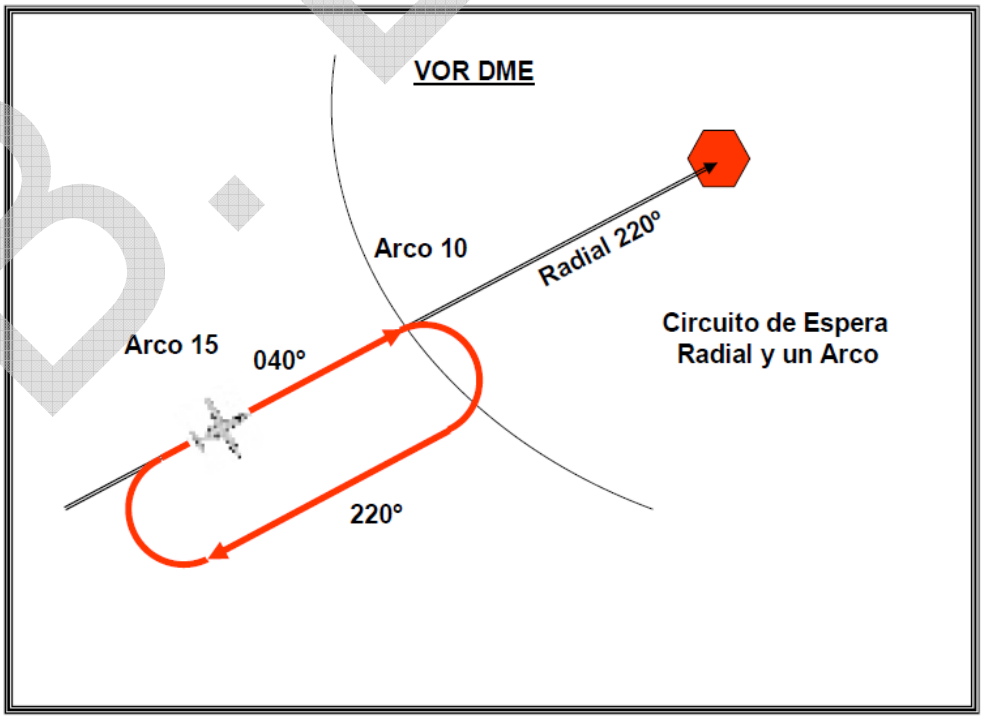


Figura 5-44

B.E.I.

NOTA:

- Estos circuitos de espera, pueden ser estándar o no estándar, dependiendo de los virajes. Asegúrese de comprender bien el lado del viraje publicado en sus aproximaciones.

- Al ingresar en gota de agua deberá volar 1' ó 1:30" según corresponda, la derrota de alejamiento (de acuerdo a la altitud del circuito) y luego volar paralelo al rumbo de alejamiento publicado hasta completar la distancia. En caso de alcanzar la distancia antes de que se cumpla el tiempo, deberá iniciar el viraje hacia el tramo acercamiento.

5.10.7 Procedimiento Punto A Punto (Fix to Fix)

El procedimiento de dirigirse de un punto (fix) VOR / DME a otro, es usualmente requerido durante salidas, llegadas o maniobrando en un área terminal. **(Fig. 5- 45)**

Lo importante en esta maniobra es poder visualizar en forma rápida lo que sucede en el aire e interpretarlo en el RMI o el HSI, respectivamente.

Para esto hay que tener las siguientes consideraciones:

a. La estación VOR/DME se ubica en el centro del instrumento y la carátula de compás representa los radiales alrededor de la estación.

b. La posición del avión se visualiza sobre el radial que indica la cola de la aguja del RMI con el HSI, cuando está centrado el CDI con TO.

c. El punto de distancia mayor (entre el punto deseado y la posición del avión), será ubicado en el borde de la carátula compás.

d. El punto de menor distancia se visualizará en un lugar proporcional a la distancia representada por el borde de la carátula.

Luego, el procedimiento a seguir es el siguiente:

a. Con la estación VOR/DME seleccionada, vire a un rumbo aproximado entre la punta de la aguja y el radial en donde está ubicado el fix. (A-B)

NOTA: El propósito de ese viraje es tomar la orientación general hacia el fix, en lugar de alejarse de él, mientras realiza el cálculo.

Si dispone de un HSI, utilícelo como ayuda colocando la cola del cursor en el radial deseado y el viraje efectuarlo a un rumbo entre la punta de la aguja del RMI y lo que indica la cola del cursor del HSI.

b. Determine el rumbo hacia el fix conectando la posición del avión con la del punto deseado, con una línea imaginaria sobre la carátula. Establezca otra línea en la misma dirección, paralela a la línea original, que pase por el centro del instrumento. Esta línea indicará el rumbo hacia el punto deseado, sin considerar viento.

c. Vire hacia ese rumbo y prosiga hacia el fix.

Una vez establecido en el rumbo, considere los siguientes factores:

- Aplique la corrección necesaria de rumbo si conoce el viento.

- El efecto del viento y la inexactitud del cálculo inicial, puede compensarse repitiendo el procedimiento durante la ruta.

- Al acercarse al fix, ajuste el rumbo para interceptar el arco o el radial respectivo.

NOTA: Este cálculo puede efectuarse más fácil y más exacto en la cara del viento del computador Dalton, sobre todo con respecto a la distancia entre un fix y otro.

B.E.I.

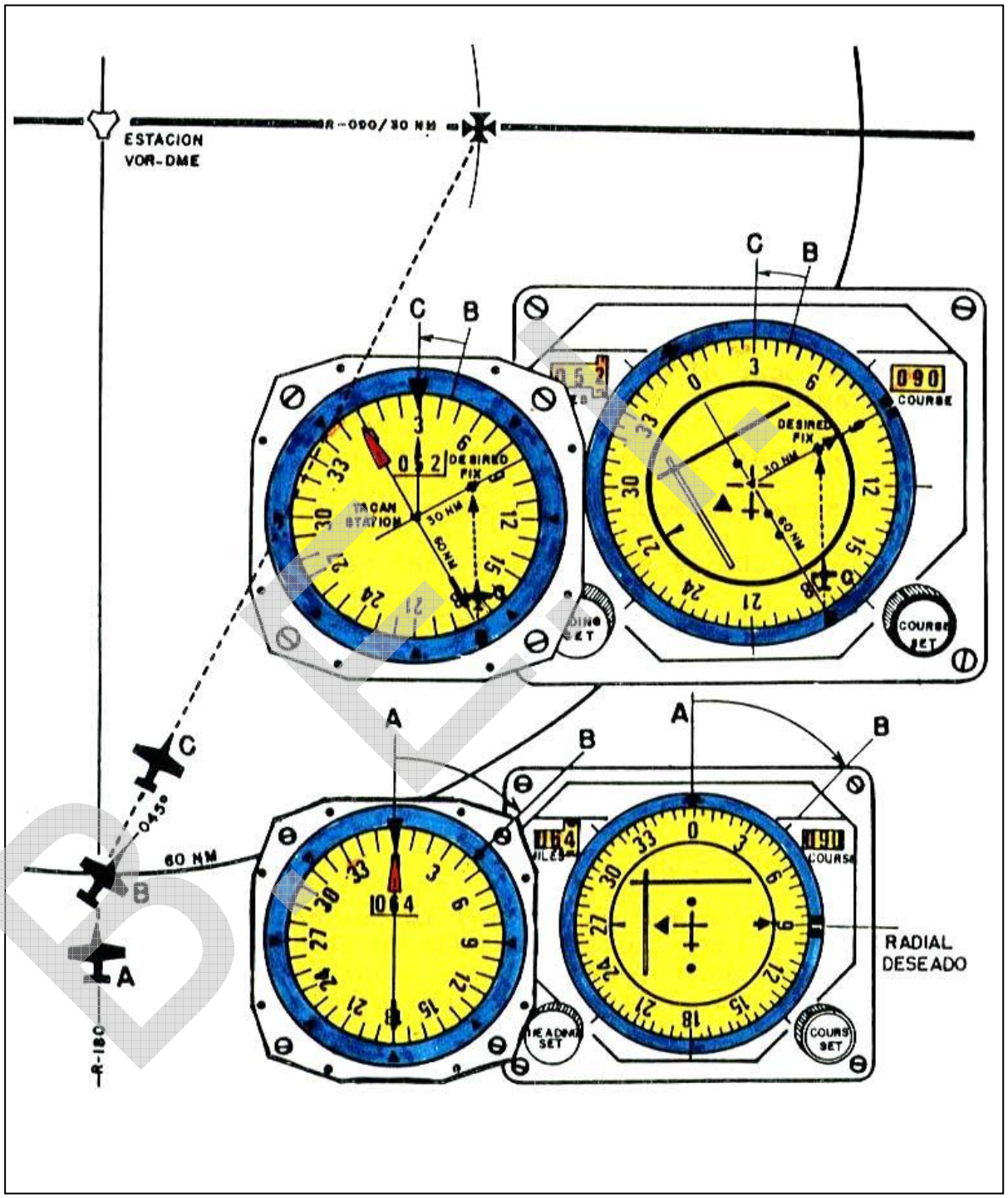

ESTACION
VOR-DME
R-090/30 NM
C
B
A
DESIRED FIX
TACAN STATION
30 NM
60 NM
090
COURSE
COURSE SET
064
RADIAL
DESEADO
COURS SET
HEADING SET
045°
60 NM
R-180

Figura 5-45

5.11 PROCEDIMIENTOS I.L.S.

El sistema de aterrizaje por instrumentos ILS, proporciona al piloto información precisa de azimuth (dirección) y trayectoria de planeo (descenso), hasta altitudes que pueden variar de 0 a 200 pies, dependiendo de la categoría del equipo terrestre.

Algunas instalaciones ILS, son complementadas con un radiofaro de localización, o bien, con algún NDB, DME o TACAN debidamente emplazado. En ocasiones, la transición hacia el curso localizador ILS se lleva a cabo utilizando vectores de radar.

5.11.1Aproximación ILS

La aproximación inicial ILS se hace normalmente desde un punto asociado de navegación en ruta, o desde puntos específicos, mediante vectores de radar, para interceptar el curso del localizador en acercamiento.

Esta aproximación se efectúa siguiendo trayectorias predeterminadas entre tales puntos de posición y el rumbo del localizador o instalación de navegación asociada con el ILS.

Normalmente se usa un ángulo de 30 a 45 grados para interceptar un localizador de curso, aunque en algunos procedimientos se puede ocupar un ángulo mayor tal como se aprecia en la siguiente tabla: **(Fig. 5- 46)**

Ángulo de interceptación con el curso del localizador.	Distancia mínima entre las interceptaciones con el curso del localizador y la trayectoria de
15º	1 MN
30º	2 MN
45º	3 MN
60º	4 MN
75º	5 MN
90º	6 MN

Figura 5-46

La distancia entre el punto de intersección con el rumbo del localizador y la interceptación con la trayectoria de planeo, deberá ser suficiente para permitir que la aeronave estabilice su vuelo y se establezca en el rumbo del localizador antes de interceptar la trayectoria de planeo.

5.11.2Procedimientos ILS

La mayoría de las instalaciones ILS disponen de un NDB situado en la baliza exterior, en el que se suele apoyar el circuito de espera. Otras instalaciones ILS están apoyadas en otras ayudas para la navegación, como VOR, DME, RADAR, TACAN, que se usan para disponer de un procedimiento de transición para efectuar el ILS. **(Fig. 5-47**/ 48)

NOTA: Use toda ayuda a la navegación disponible, que le sirva para mantenerse ubicado en el área.

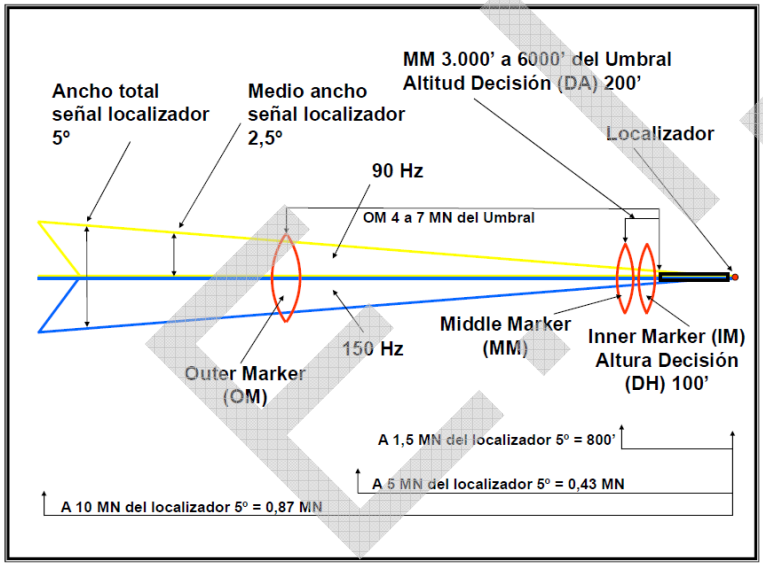


Figura 5-47

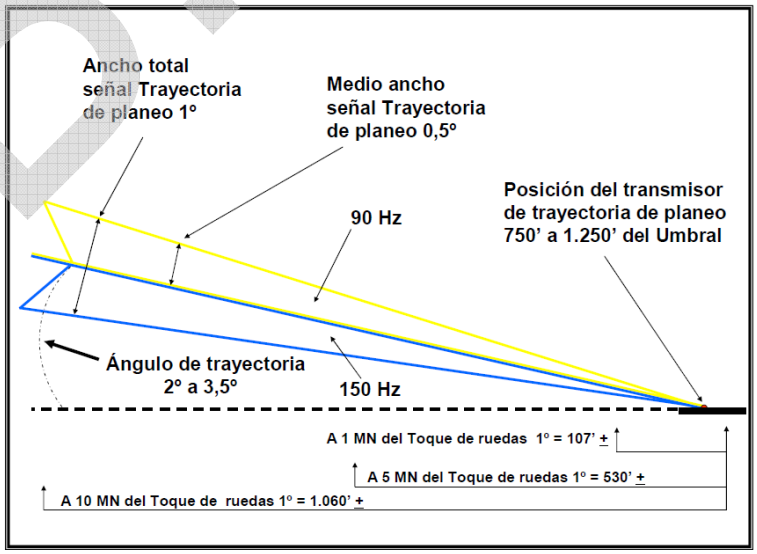


Figura 5-48

La distancia a la estación influye en la rapidez con que se mueve el CDI. Es decir, cambios idénticos de variación en el rumbo o salidas del haz del localizador, ocasionan un movimiento más rápido del CDI a medida que el avión se acerca a la estación, al ser menos el ancho de la separación del centro del haz localizador. Por esta razón, los cambios de rumbo deben ser cada vez más suaves a medida que se acerca la pista.

NOTA: En condiciones normales, cambios de rumbo de 5º son recomendados para un mejor control de la mantención del curso.

Las correcciones durante la aproximación, se harán siempre hacia el lado que se ha desplazado la aguja del CDI. Por ello se debe seleccionar siempre en el selector de curso del CDI, el curso de la aproximación, pues aunque NO AFECTA al movimiento del CDI, sirve para recordar el curso de la aproximación y nos permite visualizar en el equipo, cuál es nuestra posición con respecto al localizador.

Las cartas de aproximación indican el procedimiento a seguir, para situar el avión en la trayectoria de aproximación del localizador.

Recuerde que al efectuar el viraje de interceptación del curso del localizador, es necesario vigilar el movimiento del CDI, pues estará totalmente desplazado hasta que el avión se encuentre dentro de los 2.5º de desviación respecto al curso. Esté alerta para el primer movimiento del CDI, para evitar sobrepasarse del curso del localizador.

Antes de llegar a la baliza exterior (OM) durante una aproximación directa, debe configurar su avión. Lo mismo debe efectuar si está manteniendo un circuito de espera sobre el (OM) y fue autorizado a iniciar su aproximación.

La altitud de interceptación de la trayectoria de planeo se debe mantener mientras se reduce la velocidad a la de aproximación final y hasta que se intercepte dicha trayectoria. Es muy importante que antes de llegar al OM, se determine y conserve el curso exacto que mantendrá el avión durante la aproximación, por medio de la oportuna corrección de deriva.

Prepárese para interceptar la trayectoria de planeo cuando el GSI se mueva hacia abajo del límite superior. Suavemente, antes que el GSI esté centrado ajuste coordinadamente el control de potencia y de pitch, para establecer una razón de descenso en la trayectoria de planeo. Ajuste los cambios en el indicador de actitud, para establecer la razón de descenso y ajuste la potencia para mantener la velocidad de aproximación. Los cambios requeridos en el indicador de actitud dependerán del tipo de avión, de la velocidad terrestre (VT) y el ángulo

de la trayectoria de planeo.

Las correcciones en la trayectoria de planeo son hechas ajustando el pitch en el indicador de actitud, para obtener la razón de velocidad vertical deseada. Los ajustes de actitud hechos de 2º o menos, usualmente resultan en un control más preciso de la trayectoria de planeo.

NOTA: No descienda más bajo de la altitud de interceptación de la trayectoria de planeo si el CDI indica una total deflección.

Las cartas de aproximación indican entre paréntesis en el OM y MM, la altura de la trayectoria de planeo respecto al cabezal de aproximación, además de la altitud que corresponde a la trayectoria de planeo para comprobar la concordancia entre la altitud indicada con la senda de planeo que se está volando.

5.11.3Uso de los Marker Beacon

Dado que los Marker Beacon proveen un fix en la trayectoria de descenso, es requisito que la posición por ellos determinada, sea señalada e identificada con la mayor precisión posible. Para ello, cuando el equipo receptor cuente con selector de sensitividad, éste deberá ser ajustado en LOW, para estrechar el área en que habrá señal de pasada del marcador.

NOTA: Aún cuando la finalidad de los marcadores no es comprobar el altímetro, al pasar el OM (FAF), se deberá registrar la diferencia entre su indicación y lo publicado, para tomarla en consideración al alcanzar la DA, especialmente si no se cuenta con radioaltímetro.

NOTA: Al alcanzar la DA en condiciones marginales de visibilidad y especialmente nocturno, se tiene la tendencia a sentirse “alto” al ver el sistema de luces de aproximación, y a corregirlo con un abrupto descenso. Para evitar este error, ayúdese de la senda de planeo y apunte a tocar ruedas en la zona de toma de contacto (TDZ).

5.11.4Consideraciones Generales

Uno de los errores más comunes en la aproximación ILS, es la tendencia a VOLAR POR LA INDICACIÓN DE LAS AGUJAS e ignorar por completo los instrumentos de performance del avión. Las correcciones deben ser hechas en los instrumentos de control (indicador de actitud e indicador de potencia) basados sobre el rumbo y la velocidad vertical, para obtener un buen control del avión en la aproximación ILS.

Durante la última parte de la aproximación final, se deben comprobar los instrumentos con mayor rapidez; pues, a medida que disminuye la distancia a la pista, las indicaciones de desviación son más rápidas y es importante que las correcciones sean pequeñas e inmediatas.

Hay que poner un gran énfasis en un control preciso del avión. La fase más crítica de la aproximación, ocurre cuando el avión se acerca a la altitud de decisión publicada.

Se requiere mantener un completo y exhaustivo Cross-Check de los instrumentos a través de la aproximación, dándole un mayor énfasis al altímetro durante esta última fase. La parte final requiere establecer un barrido sistemático para ver las instalaciones de la pista antes de alcanzar la D.A. Si tiene referencias visuales con las luces de aproximación o trayectoria de pista, continúe la aproximación para completar el aterrizaje, usando los instrumentos de vuelo y complementando con las referencias visuales.

Si no pudo ver la pista al momento de llegar a la DA, efectúe el procedimiento de frustrada.

5.11.5Advertencias

a. Si durante la aproximación aparece la bandera de falla del CDI o éste se deflecta completamente, **se deberá frustrar la aproximación**.

b. Si la bandera de falla de trayectoria de planeo aparece, la aproximación no debe ser volada hasta más bajo de la altitud mínima de descenso publicada (MDA).

c. Las aproximaciones con localizador de curso, solamente deben planificarse como aproximaciones no precisas.

5.11.6Procedimiento De Aproximación ILS Con Falla De Compases

El procedimiento de aproximación ILS con falla de compases no presenta mayores dificultades, ya que hay que considerar que el curso del localizador, una vez interceptado, es uno sólo. Para ello se deberá proceder de la siguiente manera:

a. Intercepte la trayectoria del localizador lo más pronto que le sea posible, a base de procedimientos de carátula fija con la radio ayuda asociada a la aproximación ILS que está realizando, o bien, en base a vectores radar.

B.E.I.

NOTA: En lo posible, efectúe este procedimiento a base de una radio ayuda NDB, ya que las interceptaciones con carátula fija en ADF, son las más fáciles de realizar.

b. Una vez interceptado en el supuesto curso del localizador, coloque la aguja del cursor del CDI, bajo el Top Index del HSI.

Recuerde que, a partir de ese momento, el CDI será direccional y efectúe las correcciones para mantenerlo centrado con las mismas técnicas que una aproximación normal, cross chequeando el rumbo a base de su compás magnético, para mantenerse orientado en la aproximación.

5.12 PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACIÓN CON RADAR

El equipo RADAR (Radio Detección And Ranging) ha sido diseñado para determinar la posición de un objeto en dirección, distancia y, en algunos casos, en altura, mediante la transmisión y retorno de ondas de radio de alta frecuencia.

5.12.1 Guía vectorial

Este procedimiento es usado para dirigir una aeronave, tanto en el plano vertical como horizontal mediante instrucciones de rumbos y altitudes. Basándose en estas instrucciones, la aeronave puede ser dirigida a una determinada posición, mediante la representación de un mapa video, el cual es una superposición sobre la presentación Radar (pantalla) que otorga referencias adecuadas que permiten determinar la posición relativa de la aeronave con respecto al terreno sobre el cual está volando. **(Fig. 5- 49)**

5.12.2 Interceptaciones de Radioayudas de Aproximación

Consiste en guiar vectorialmente las aeronaves hasta ubicarlas sobre una radioayuda de aproximación (NDB – VOR – LLZ/ILS, etc.) a la altitud adecuada, de tal forma que el piloto pueda iniciar el procedimiento de descenso instrumental correspondiente, en base a sus propios instrumentos.

5.12.3 Monitoreo

Consiste en suministrar asistencia de radar para aproximaciones efectuadas con radio ayudas, y advertir a la aeronave acerca de desviaciones, como también a aeronaves que vuelen basándose en su propia navegación, evitando desviaciones significativas que pudiesen

constituir un peligro a otros aviones.

5.12.4Aproximaciones

- Con radar de vigilancia (ASR)
- Con radar de precisión (PAR)

5.12.4.1 Aproximación ASR

La aproximación de vigilancia se efectúa con radares de vigilancia o asesoramiento. Estos radares, por su gran alcance y lenta renovación de información, no proveen una posición precisa de una aeronave. Por lo tanto, cuando se efectúa una aproximación con éste tipo de radar, entregará solamente información de distancia y azimuth. Este tipo de aproximaciones están clasificadas como no precisas y dejarán a la aeronave a 500 pies a cada lado del borde de la pista a 1 MN desde el punto de toma de contacto máximo. El punto de toma de contacto se encuentra aproximadamente entre 750 y 1.250 pies del extremo de la pista en uso, desde el lugar donde teóricamente el avión haría contacto con la pista si mantuviese su trayectoria de descenso. **(Fig. 5-50)**

5.12.4.2 Aproximación PAR

La aproximación de precisión se efectúa cuando en el aeródromo existe un radar de precisión (PAR) el cual provee información de dirección, distancia y altitud. Estos radares son direccionales, de corto alcance y renuevan su información en forma constante; todo ello permite obtener una posición del avión altamente precisa. Consta de dos pantallas denominadas AZEL (AZ = azimut; EL = elevación) en la cual se dibuja, por medios electrónicos, el curso y la trayectoria de planeo de la aproximación.

El controlador guiará al avión dentro de estas trayectorias de la misma forma en que se haría una aproximación ILS. Esta aproximación deja a la aeronave dentro de los 30 pies ó 0.2º a cada lado del borde de pista, lo que sea mayor, y provee una DH / DA.

5.12.5 Procedimiento de aproximación

Las aproximaciones por radar son ejecutadas enteramente, siguiendo las instrucciones del controlador.

Durante la aproximación, repita todos los rumbos, altitudes y setting de altímetro. Efectúe transmisiones breves y concisas, para evitar saturar las comunicaciones. Nunca sacrifique el control del avión por las comunicaciones.

Las aproximaciones por radar han sido divididas en dos segmentos para facilitar el control del tráfico y los procedimientos de pilotaje. Estos son: TRANSICIÓN A FINAL Y APROXIMACION FINAL.

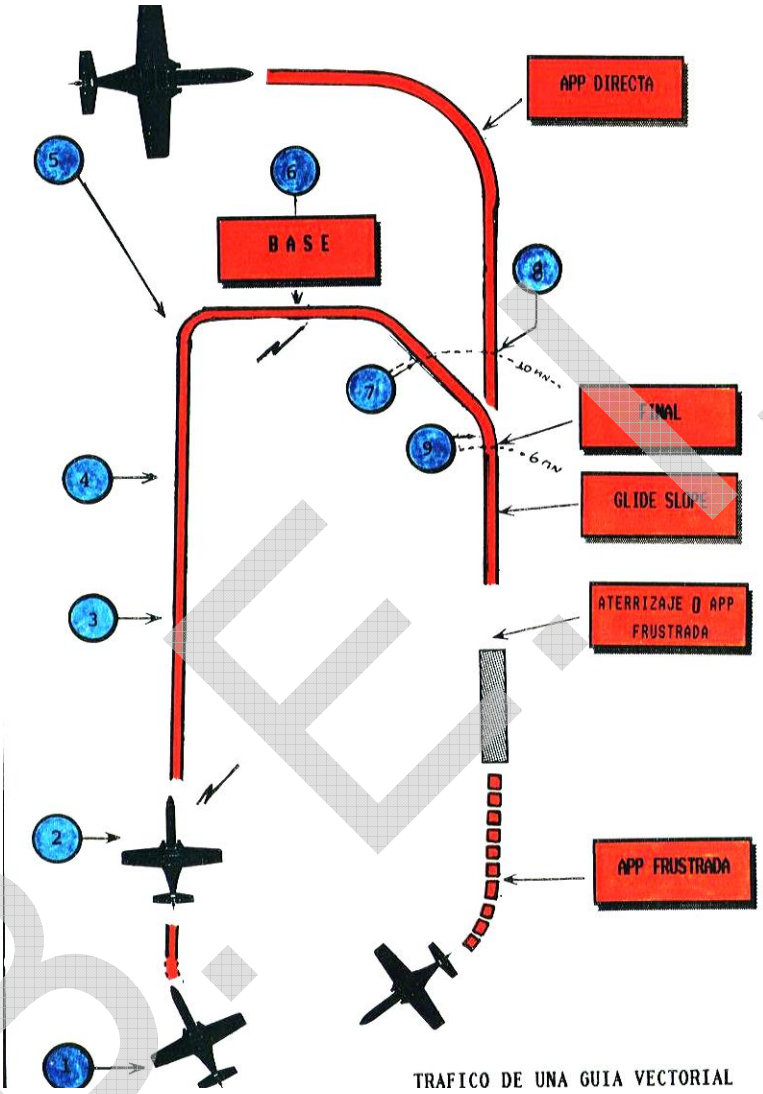


Figura 5-49

B.E.I.

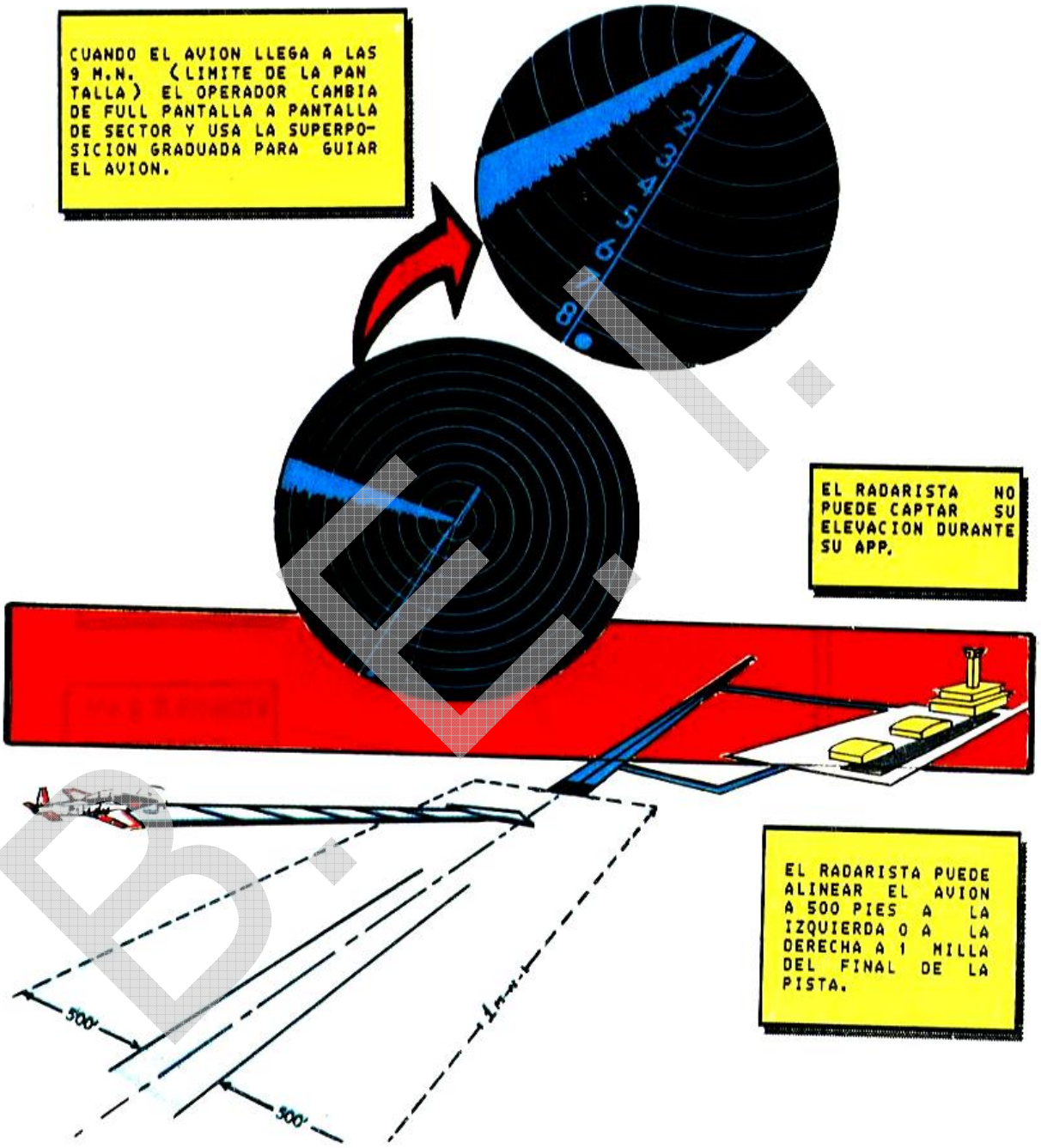

CUANDO EL AVION LLEGA A LAS 9 M.N. (LIMITE DE LA PANTALLA) EL OPERADOR CAMBIA DE FULL PANTALLA A PANTALLA DE SECTOR Y USA LA SUPERPOSICION GRADUADA PARA GUIAR EL AVION.
EL RADARISTA NO PUEDE CAPTAR SU ELEVACION DURANTE SU APP.
EL RADARISTA PUEDE ALINEAR EL AVION A 500 PIES A LA IZQUIERDA O A LA DERECHA A 1 MILLA DEL FINAL DE LA PISTA.
500'
500'
1 mn.

Figura 5-50

a. Transición Final

Este segmento incluye todas las maniobras que realizará el avión hasta un punto situado aproximadamente a 8 MN del punto de toma de contacto. El controlador guiará al avión en base a instrucciones de rumbos y altitudes, para colocarlo en el segmento de aproximación final.

Estos cambios de rumbos y altitudes deben ser ejecutados inmediatamente recibida la instrucción. Maniobre su avión de acuerdo a los procedimientos de vuelo básico, ajustando actitudes e inclinaciones alares en su indicador de actitud, acorde a su VAV, sin exceder los 30º de inclinación ni los 1.000 pies de razón de descenso. Cuando las características del avión exijan mantener razones de viraje inferiores a la estándar, informe de ello al controlador, quien usará esta información para determinar los puntos de anticipo.

Recuerde que antes de iniciar su descenso, deberá efectuar todos los chequeos de preaterrizaje que requiera su aeronave. En este segmento, usted recibirá la siguiente información:

- Tipo de aproximación.
- Pista en uso.
- Distancia de la pista a la que terminará dicha aproximación.
- MDA aplicable, QNH y frustrada.
- Se le solicitará que informe su velocidad terrestre en la aproximación y en base a esta velocidad, se le calculará la razón de descenso que deberá mantener.

b. Aproximación Final con Radar de Vigilancia

Al alcanzar el punto de inicio del tramo final (FAF), el piloto recibirá la siguiente información:

- Que se encuentra en el punto de inicio del descenso y debe configurar su avión.
- Se le anunciará que debe iniciar el descenso en base a la razón convenida.
- Se le pedirá que verifique tren abajo y asegurado.
- A medida que se acerca a la pista, en cada milla se le informará la altitud a la que se debería encontrar.
- Cualquier desviación respecto a su trayectoria, le será corregida con un viraje a un rumbo.

B.F.I.

- Antes de alcanzar las 2 MN del punto de toma de contacto, se le confirmará si está autorizado para aterrizar.
- Al término de la aproximación, se le pedirá que notifique pista a la vista. Si no llega a obtener contacto visual, deberá iniciar el procedimiento de frustrada.

c. Aproximación final con radar de precisión

El segmento de aproximación final con radar de precisión comienza aproximadamente a las 9 MN del punto de toma de contacto.

El piloto recibirá la información de que se encuentra próximo a la trayectoria de descenso, aproximadamente entre 10 a 30 segundos antes.

Cuando la aeronave se encuentre interceptada en la trayectoria, el controlador ordenará iniciar el descenso. El piloto establecerá una razón de descenso predeterminada, de acuerdo a su velocidad terrestre, usando las técnicas de vuelo básico.

Desde este punto en adelante, el piloto recibirá la siguiente información: EN CURSO, EN TRAYECTORIA; LEVEMENTE ARRIBA o ABAJO DE LA TRAYECTORIA DE DESCENSO; LEVEMENTE A LA IZQUIERDA O DERECHA DEL CURSO.

También podría recibir instrucciones de corrección, para mantener la trayectoria de descenso o el curso. Estas indicaciones SOLO deben ser colacionadas con la identificación de la aeronave, para evitar saturación de las comunicaciones.

Las correcciones que se deben aplicar durante esta fase de aproximación son muy similares a las utilizadas para mantener interceptada la trayectoria de descenso y el curso del ILS.

El controlador informará al piloto cuando alcance la DA/DH, en la cual deberá decidir si aterriza o efectúa el procedimiento de frustrada.

En cualquier caso, se deberá ejecutar el procedimiento de aproximación frustrada cuando:

- Al alcanzar el MAPT o la DA/DH, según sea el procedimiento de aproximación, las referencias con el terreno y la pista sean insuficientes para efectuar un aterrizaje seguro.

- Un aterrizaje seguro no es posible.
- El controlador lo ordene.
- Al no recibir información del controlador por más de 10”

d. Errores comunes

- No mantener en forma acuciosa un buen control del vuelo básico.
- No comprender las instrucciones del controlador, interceptándolas en forma equivocada.
- No considerar el viento, para entregarle al controlador la velocidad terrestre del avión, con la cual se deberá calcular la razón de descenso recomendada.

5.13 RVSM - REDUCED VERTICAL SEPARATION MINIMUM

En español es Reducción de Separación Vertical Mínima. El objetivo de la RVSM es reducir la separación vertical entre aeronaves desde los 2000 pies actuales a los 1000 pies para los niveles de vuelo por encima de FL290 hasta FL410 inclusive. Con ello, se obtienen seis niveles adicionales, incrementando de manera significativa la capacidad del espacio aéreo utilizado habitualmente por aeronaves propulsadas a reacción. (Figura 5-51)

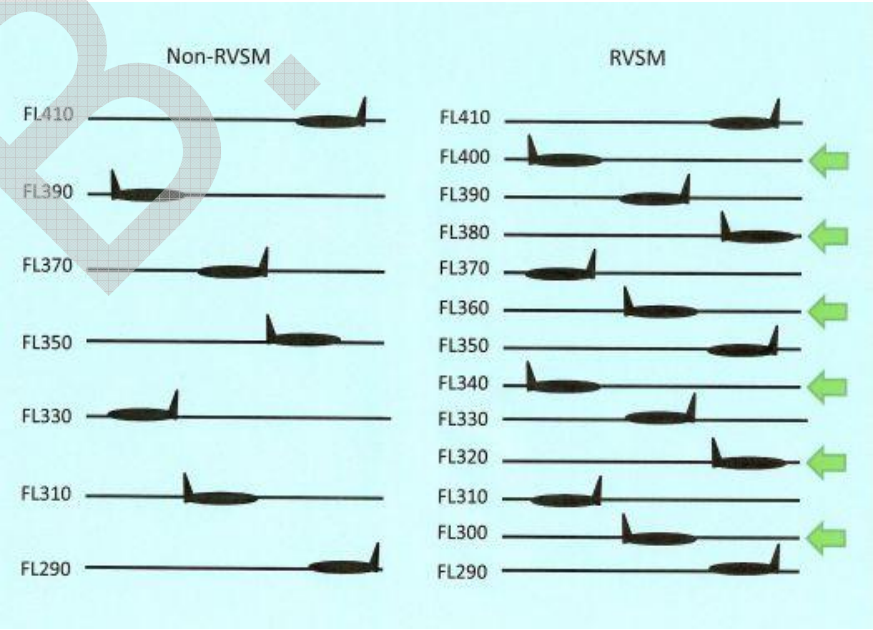


Figura 5-51

Al mismo tiempo, aumentan considerablemente las posibilidades de asignar perfiles de vuelo óptimos a los operadores, con los consiguientes ahorros en combustible y tiempos de vuelo.

5.13.1 Requisitos generales para operar en Espacio Aéreo RVSM

El espacio aéreo dónde se aplicará RVSM exige a sus usuarios unos requisitos específicos. Para poder operar, las aeronaves deberán contar con una aprobación que garantice el cumplimiento de los requisitos técnicos y operativos que satisfacen los niveles de seguridad RVSM.

Las aprobaciones RVSM son emitidas por la Autoridad Aeronáutica del Estado de Matrícula/Operador, correspondiendo en el caso de Chile a la DGAC.

Para cumplir con esto implica:

- La aeronave posea el equipamiento mínimo (requisitos de aeronavegabilidad).
- Programa de mantenimiento para mantener la capacidad RVSM de las aeronaves.
- Procedimientos incluidos en Manual de Operaciones y checklist.
- Probar a la autoridad la capacidad de mantención de altitud en régimen RVSM.
- Establecer una Lista de Equipo Mínimo (MEL) necesario para operar en espacio RVSM.
- Contar con un programa de instrucción para las tripulaciones.

Además para probar a la autoridad la capacidad de mantención de altitud, se deben monitorear las aeronaves mediante una unidad de monitoreo terrestre (HMU), o una unidad portátil de monitoreo satelital GPS (GMU).

Las aeronaves de la Fuerza Aérea, al ser aeronaves de estado, están exentas de la aprobación RVSM en espacio aéreo chileno.

5.13.1.1 Sistemas de avión requeridos para vuelos RVSM

- Dos altímetros que consideren cada uno de ellos:

  - Capacidad de visualizar altitud de presión (29,92)

B.F.I.

- Una toma estática de acoplamiento cruzado con protección anti-hielo.
- Un sistema de corrección de los errores de fuente estática, para cumplir con los requisitos de error de altimetría para RVSM
- Transponder que se alimente de una señal digital y que pueda operar con cualquiera de los dos altímetros para transmitir altitud presión (29,92).

- Sistema de alerta en caso de desviación. Para aeronaves anteriores a 1997 de +/- 300 pies y de 1997 en delante de +/- 200 pies. La tolerancia del sistema de alerta será no superior a +/- 50 pies.

- Piloto Automático que controle la altitud +/- 65 pies en vuelo recto y nivelado, sin turbulencia ni viento arrachado.

5.13.1.2 Requisitos de aeronavegabilidad continuada RVSM

Para mantener la capacidad RVSM se debe demostrar que se mantiene la capacidad de las aeronaves para las exigencias, reportando incidentes respecto a fallas de sistemas, y que las tripulaciones se mantengan entrenadas en los procedimientos RVSM. En caso que lo anterior no se cumpla, la DGAC podrá suspender la aprobación RVSM.

5.13.2 Procedimientos RVSM

5.13.2.1 Plan de Vuelo (ATC-1 OACI)

5.13.2.1.1 Para Aeronaves aprobadas RVSM:

- Incluir la letra W en la casilla 10 del formulario de Plan de vuelo (NO SE DEBE CONSIGNAR PARA VUELOS EN FORMACIÓN).

5.13.2.1.2 Para Aeronaves No aprobadas RVSM:

- Insertar STS/NONRVSM en la casilla 18 del formulario de Plan de vuelo.

B.I.

- Especificar el punto de entrada y salida del espacio RVSM dentro de la ruta con sus respectivos niveles de vuelo solicitados.
- Notificar a todas las dependencias de control la expresión STS/NONRVSM. Esto indica la solicitud de un tratamiento especial por parte del ATC para que proporcione una separación vertical mínima de 2000 pies entre estos vuelos y cualquier otra aeronave opere en el espacio aéreo RVSM. Lo anterior se deberá realizar en los siguientes casos:
- En la llamada inicial en cualquier frecuencia de los ATS;
- En todas las solicitudes de cambios de nivel de vuelo de los niveles de vuelo dentro del espacio aéreo RVSM, y;
- En todas las colaciones de autorizaciones sobre niveles de vuelo dentro del espacio aéreo RVSM.

5.13.2.2 Planificación de Vuelo RVSM.

Durante la planificación del vuelo, la tripulación prestará especial atención a las condiciones que puedan afectar a las operaciones en el espacio aéreo designado RVSM, en particular:

- Verificación de que la aeronave cuenta con Aprobación Operacional RVSM.
- Condiciones meteorológicas existentes y previstas en la ruta del vuelo
- Requisitos mínimos de equipamiento para los sistemas de mantención de altitud y alerta de altitud (MEL).
- Cualquier restricción en la operación de la aeronave que tenga relación con RVSM.

5.13.2.3 Procedimientos en tierra.

- Revisión del parte 3 de la bitácora de la aeronave para determinar el estado de los equipos necesarios para operar en espacio aéreo RVSM.
- Durante la inspección exterior de la aeronave, se debe prestar especial atención al estado de las tomas estáticas, el revestimiento del fuselaje cerca de cada toma y de cualquier otro componente que afecte a la precisión del sistema

B.E.I.

altimétrico. En la figura 5-52 se muestran daños a las tomas estáticas o su revestimiento.

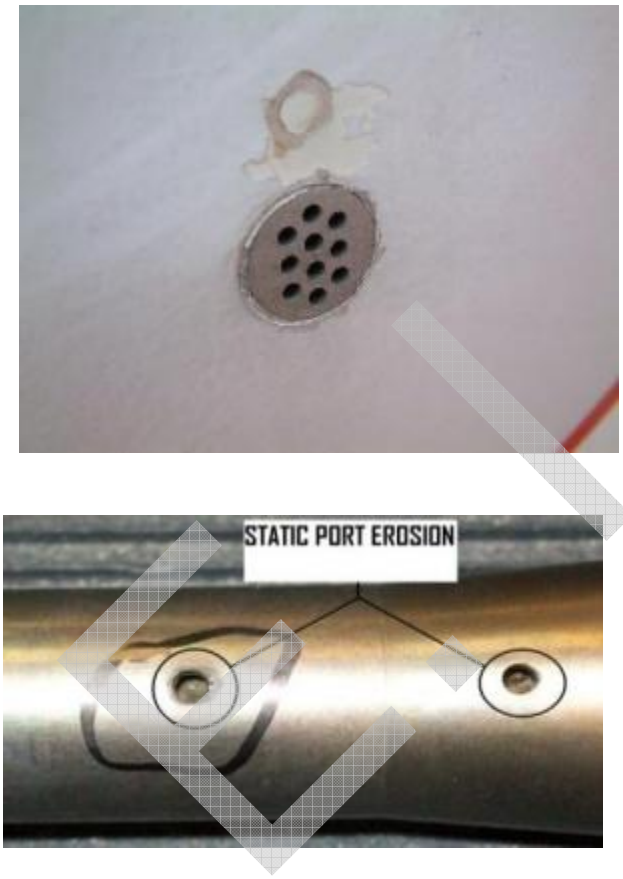


Figura 5-52

- Se ajustarán al QNH debiendo los dos altímetros estar la altitud conocida del aeródromo dentro de los límites especificados en el Manual de la aeronave (en el caso que se especifique).
- Los equipos necesarios para operar en espacio aéreo RVSM deberán estar operativos antes del despegue.

5.13.2.4 Antes del ingreso al espacio aéreo RVSM

- Los siguientes equipos deberán funcionar con normalidad antes de la entrada en espacio aéreo RVSM:

  - Dos sistemas primarios de medición de altitud.

- Un sistema automático de control de altitud.
- Un dispositivo de alerta de altitud.
- Un respondedor operativo, con reporte automático de altitud (modo C).

- Registrar la comprobación cruzada inicial de los altímetros primarios y de reserva.
- Antes de ingresar a un espacio aéreo RVSM, hecha la verificación de capacidades operacionales, en caso de falla de cualquiera de los equipos obligatorios, el piloto deberá solicitar una nueva autorización ATC para continuar su vuelo.

5.13.2.5 Durante el vuelo RVSM.

- Las tripulaciones cumplirán cualquier restricción operativa de la aeronave (Ej.: Envolvente de vuelo, es decir, límites de velocidad y peso para vuelo RVSM).
- Al cruzar la altitud de transición de deberá pasa inmediatamente a altitud presión (1013,2 hPa / 29,92 pulg. Hg) de todos los altímetros primarios y de reserva, y chequearlos nuevamente al alcanzar el nivel de vuelo autorizado.
- A menos que la tripulación esté efectuando maniobras de contingencia o emergencia, la aeronave no se desviará intencionadamente del nivel de vuelo asignado sin una autorización ATC.
- Durante la nivelada, no se permitirá sobrepase la tolerancia máxima de +/- 150 pies.
- Durante el vuelo de crucero, el sistema automático de control de altitud se encontrará operativo y funcionando, excepto cuando circunstancias tales como la necesidad de restablecer el equilibrio de la aeronave o la existencia de turbulencia obliguen a su desconexión momentánea. En cualquier caso, el mantenimiento de la altitud de crucero se efectuará con referencia a uno de los dos altímetros primarios.
- Se asegurará que el sistema de alerta de altitud se encuentra operativo.
- A intervalos de aproximadamente una hora, se efectuará un crosscheck entre los altímetros primarios, debiendo coincidir al menos dos de ellos +/- 200 pies. Si no se cumple con esta

B.E.I.

condición, se notificará al ATC que el sistema de altimetría funciona anormalmente:

- En operación normal, el sistema de altimetría utilizado para controlar la aeronave se conectará al respondedor el que transmitirá información al ATC.
- Si el ATC notifica que la aeronave muestra una desviación respecto a la altitud asignada superior a 300 pies el piloto cumplirá los procedimientos establecidos, en el Manual de Operaciones de Vuelo para abandonar el espacio RVSM.

5.13.2.6 Desplazamientos laterales en RVSM.

Los desplazamientos laterales sólo se aplican en ruta o aerovías autorizadas por la autoridad aeronáutica. El procedimiento de desplazamiento lateral ha sido concebido para mitigar los efectos de la estela turbulenta de una aeronave precedente.

En el espacio aéreo en el que se haya autorizado la utilización de desplazamientos laterales, los pilotos no tienen la obligación de informar a la dependencia de control de tránsito aéreo (ATC) que están efectuando un desplazamiento.

Los pilotos deberán considerar lo siguiente:

- Sólo podrán efectuar desplazamientos las aeronaves que cuenten con capacidad de desplazamiento automático.
- La distancia del desplazamiento será de 1 o 2 MN hacia la derecha del eje, con respecto a la dirección de vuelo.
- Los pilotos podrán, si fuera necesario, establecer contacto con otras aeronaves para coordinar los desplazamientos laterales en la frecuencia aire-aire 123,45 MHz.

5.13.2.7 Procedimientos de contingencia después de entrar en el espacio aéreo RVSM.

Ante cualquier situación imprevista durante la operación RVSM, la tripulación realizará las siguientes acciones:

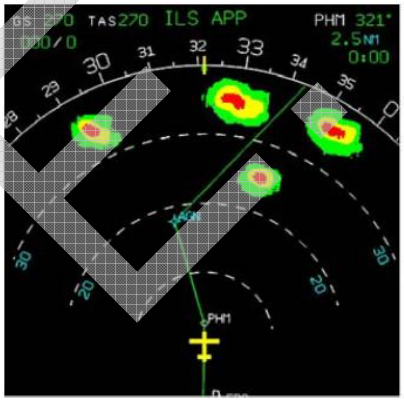
- Notificación al ATC de la contingencia (fallas de equipos, condiciones meteorológicas) que afecta a la capacidad de mantenimiento del nivel.

B.E.I.

Son ejemplos de fallas de equipos que deben notificarse al ATC:

- Falla de todos los sistemas automáticos de control de altitud a bordo de la aeronave.
- Pérdida de redundancia de los sistemas de altimetría.
- Pérdida de empuje de un motor que obliga al descenso
- Cualquier otra falla de equipos que afecte a la capacidad para mantener el nivel de vuelo asignado

- Si se requiere que la aeronave se desvíe de su derrota para evitar condiciones meteorológicas adversas y no se puede obtener una autorización previa, se obtendrá una autorización ATC lo más pronto posible y tomará las siguientes acciones:



- Establecerá comunicaciones con aeronaves cercanas y les dará alerta difundiendo por radio a intervalos la identificación de la aeronave, el nivel de vuelo, la posición y sus intenciones, tanto en la frecuencia que esté utilizando como en 121,5 MHz (o como alternativa frecuencia aire-aire 123,45).
- Vigilará si existe tránsito con el que pueda entrar en conflicto por medios visuales y por referencia al ACAS (si está equipado).
- Encenderá todas las luces exteriores de la aeronave.
- En el caso de desviaciones inferiores a 10 NM, la aeronave debería mantenerse al nivel asignado por el ATC.

- En el caso de desviaciones superiores a 19 Km. (10 NM), cuando la aeronave esté aproximadamente a 19 Km. (10 NM) de la derrota, iniciará un cambio de nivel basado en los siguientes criterios:

Derrota del eje de ruta	*Desviaciones de >19 Km. (10 NM)*	*Cambio de nivel*
SUR 030° - 209° magnético ESTE *000° - 179° magnético	IZQUIERDA DERECHA	DESCENDER 90 mt (300 ft) ASCENDER 90 mt (300 ft)
NORTE 210° - 029° magnético OESTE *180° - 359° magnético	IZQUIERDA DERECHA	ASCENDER 90 mt (300 ft) DESCENDER 90 mt (300 ft)

- Para volver a la ruta deberá tratar de ponerse en contacto con ATC para obtener una autorización, de lo contario, deberá mantenerse a su nivel asignado anteriormente cuando la aeronave se encuentre a menos de 10 NM del eje de la ruta inicial.

- El piloto deberá notificar al ATC el encuentro con una turbulencia superior al grado de moderada.

- Si no puede notificar al ATC y obtener una autorización antes de desviarse del nivel de vuelo autorizado, el piloto efectuará cualquier procedimiento de contingencia establecido en el Manual de Operaciones de vuelo y obtendrá la autorización de ATC tan pronto como le sea posible. Dentro de estos procedimientos.

5.13.2.8 Procedimientos posteriores al vuelo.

Se deberá registrar en la bitácora de la aeronave la parte del vuelo en espacio aéreo RVSM de modo de no afectar la trazabilidad para la mantención de la capacidad RVSM de la aeronave y las tripulaciones.

Registrar en el parte 2 de la bitácora de vuelo cualquier mal funcionamiento de los sistemas altimétricos o equipos RVSM, proporcionando los detalles suficientes para permitir al personal del mantenimiento la localización y reparación del problema.

D.E.I.

5.14 PROCEDIMIENTOS GNSS Y RNAV

5.14.1 Restricciones de Uso

Las capacidades específicas de los equipos instalados en los aviones institucionales varían sustancialmente. Por esto los pilotos deben estar completamente familiarizados con el equipo instalado en su avión, sus autorizaciones y limitaciones.

5.14.2 Uso del GNSS o GPS como Substituto De Radioayudas

Los equipos GNSS o GPS no pueden ser utilizados como fuente primaria de información de navegación para vuelos IFR / IMC, a no ser que el equipo y su instalación posean el certificado correspondiente para vuelos IFR. En ese caso puede ser utilizado como substituto del ADF, VOR y DME.

En Chile sistema GPS puede ser utilizado como un medio suplementario de navegación en los espacios aéreos de nuestro país en vuelos VFR, exceptuando su uso en áreas terminales, zonas de control y en procedimientos de aproximación.

5.14.3 Uso GNSS como medio primario de navegación.

Se establece el uso del GNSS como medio primario de navegación para vuelos IFR en aquellas zonas geográficas en las que no se dispone de cobertura de las radioayuda (VOR, VOR/DME. NDB), en las rutas de navegación de área publicadas (RNAV), en el espacio aéreo oceánico clase “A”, y en otras rutas no especificadas del espacio aéreo oceánico clase “G”, con excepción de ser utilizados en aéreas terminales, zonas de control y en procedimientos de aproximación y salidas IFR, a menos que la aeronave posea las certificaciones correspondientes emitidas por la Dirección General de Aeronáutica Civil respecto a RNAV.

Para los efectos de lo indicado anteriormente, las aeronaves deberán estar equipadas con un sistema GNSS que cumpla los siguientes requisitos:

- La aeronave deberá tener el GPS o GNSS acoplado al FMS o al Piloto automático o GPS acoplado a Director de Vuelo.

- La aeronave deberá tener la capacidad de mantener un valor de confinamiento en la ruta aprobada de 10 NM como mínimo.

5.14.3.1 Procedimiento en caso de pérdida de RAIM.

En caso que se pierda la capacidad RAIM utilizando el GNSS como medio primario de navegación IFR, se deberá seguir el siguiente procedimiento.

a) La derrota de la aeronave debe verificarse cuidadosamente con los otros sistemas de navegación de a bordo, cuando sea posible.

b) En el espacio aéreo controlado, deben comunicarse al ATC los siguientes casos:

- La pérdida de RAIM por períodos superiores a diez minutos, incluso cuando el GPS todavía proporciona información sobre la posición; o

- La no disponibilidad de RAIM cuando el ATC solicita la distancia GNSS, o cuando se exige un permiso o un requisito ATC basado en la distancia GNSS; o

- El receptor GNSS, está en modo DR (dead reckoning mode) , es decir en navegación a estima, o experimente pérdida de la función de navegación durante más de un minuto; o

- El desplazamiento indicado con respecto al eje de la derrota exceda 3.6 kilómetros (2 NM).

c) Si se ha perdido la información válida sobre la posición o el RAIM no funciona por más de diez minutos, se considera que la información GPS no es confiable y que debería utilizarse otro medio de navegación de a bordo hasta que se restablezca RAIM y la aeronave se coloque de nuevo en su derrota.

d) Después de restablecido el RAIM, deberá notificarse ese hecho a la dependencia ATS apropiada antes de emplear la información GPS.

e) Cuando se comunique al ATS la situación del GPS, deben utilizarse las frases “FALLO RAIM” o “RAIM RESTABLECIDO”.

B.E.I.

5.14.4Diseño y procedimientos RNP APCH o RNAV (GNSS)

El objetivo principal del diseño del Área de Arribo de Terminal (TAA) es proveer de un nuevo método de transición para los aviones arribando y que cuentan con equipos de navegación RNAV.

Esta área contiene en su interior un diseño de aproximación del tipo “T” o “Y” que normalmente no requiere una interceptación previa del curso de aproximación mediante un procedimiento de ingreso al circuito de espera sobre el IF (en Estados Unidos publicado como viraje de procedimiento - NoPT). El TAA provee al piloto y al controlador de tránsito aéreo de un método eficiente para ordenar los tráficos desde la ruta hacia el área terminal.

La “T” o “Y” básica contenida en el TAA se compone de la siguiente forma, **(Figura 5-53)**:

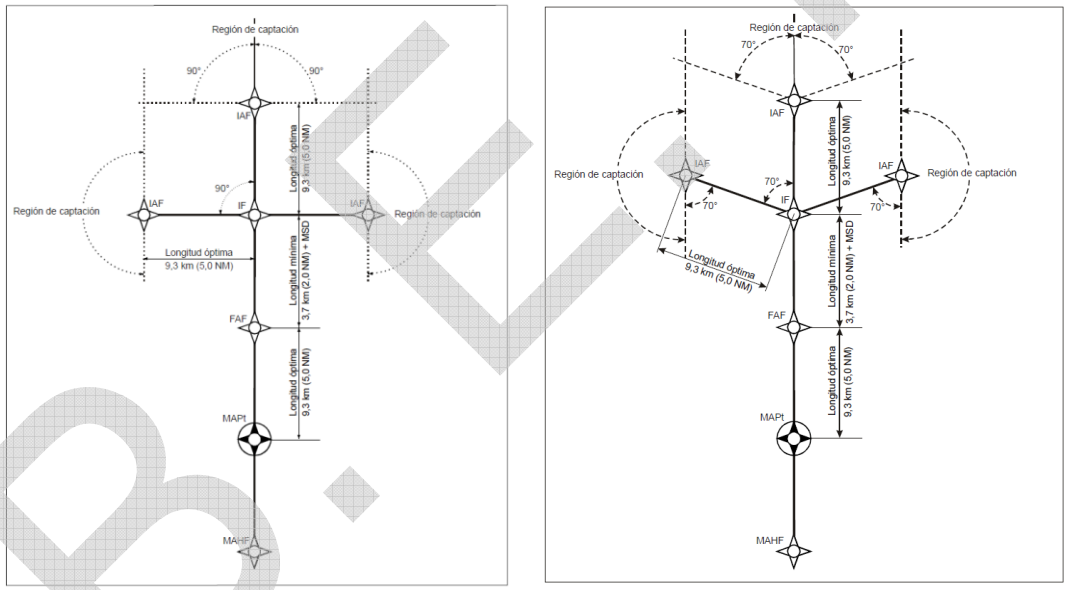


Figura 5-53

Considerando el umbral de la pista como waypoint final y manteniendo el eje de la aproximación, se aleja 5 millas donde se establece el FAF. Posteriormente se aleja otras 5 MN donde se establece un punto intermedio de aproximación (IF) que también puede ser usado como IAF. Desde este punto y hacia ambos lados se separa de 3 a 6 MN donde se establecen 2 puntos de inicio de aproximación (IAF).

El largo del segmento inicial varía con la categoría del avión usando el procedimiento o los requerimientos de gradiente de descenso. El largo mínimo de este segmento es de 3 millas para un avión categoría “A” y de 6 millas para uno categoría “E”. Estos segmentos están en 90° (perpendiculares) con respecto al intermedio para el caso de la aproximación tipo “T” y de 70° para el diseño en “Y”. **(Figura 5-54)**

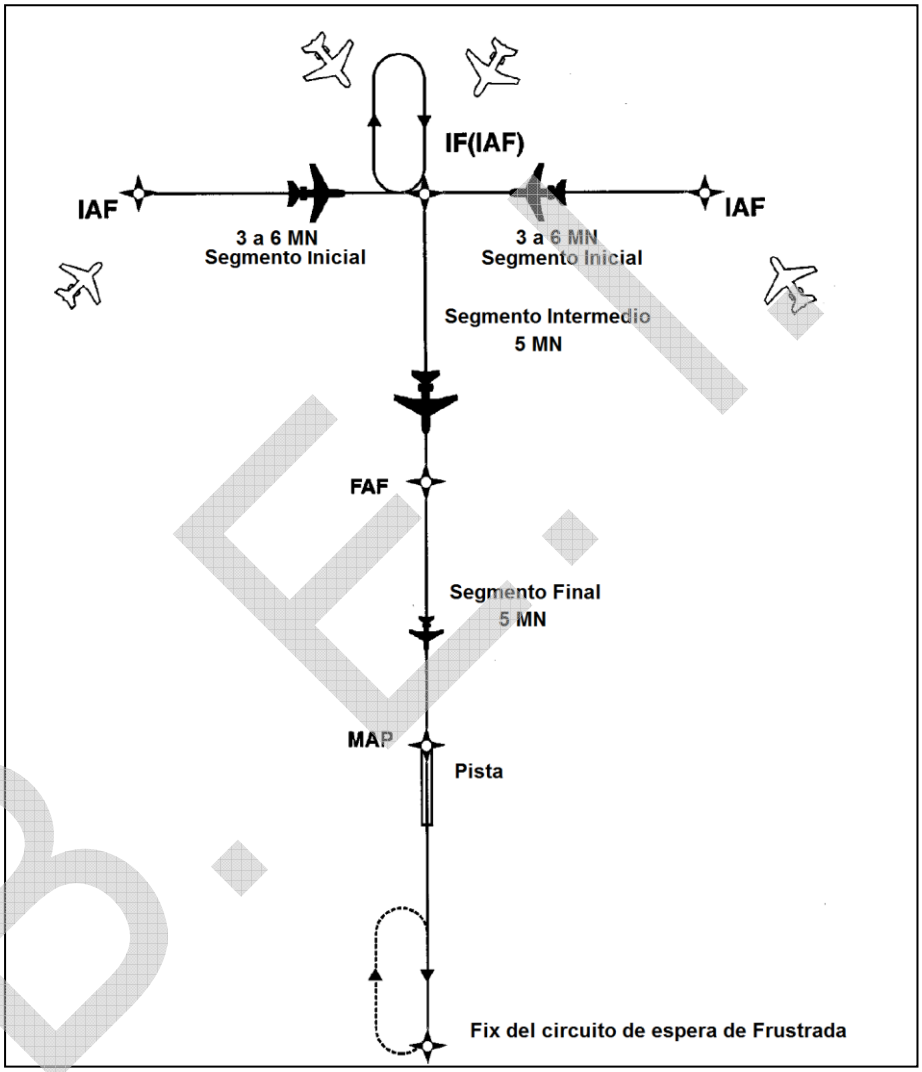


Figura 5-54

Generalmente existe un circuito de espera en los IAF para los requerimientos de espera o para el establecimiento del curso de acercamiento para inicio de la aproximación a la altitud publicada.

El segmento de aproximación frustrada se encuentra idealmente alineado con el curso final de la aproximación y termina con una entrada directa a un circuito de espera. Las condiciones particulares pueden requerir una dirección distinta.

Con el objetivo de acomodar un descenso desde gran altitud de ruta a una inferior del segmento inicial, el diseño de “T” Básico puede ser modificado resultando un diseño en “L”. Cuando esto ocurre, y no se especifica una altitud mínima desde el sector que no posee IAF, un procedimiento de ingreso al circuito de espera para interceptar el curso de aproximación desde el IF es requerido para iniciar el descenso. El circuito de espera establecido para este propósito esta siempre ubicado en el IF(IAF) **(Figura 5-55)**

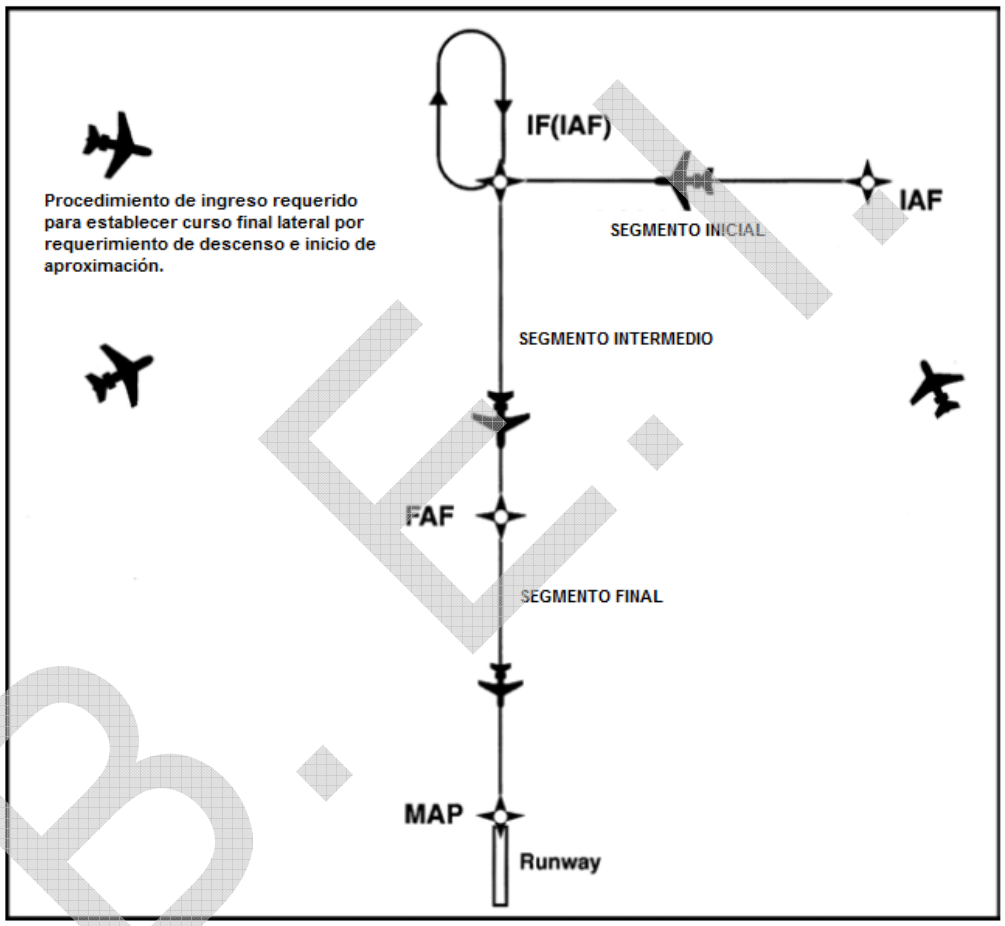


Figura 5-55

Otra modificación ocurre cuando se tiene pistas paralelas. El mismo principio de “T” básica se aplica para ambas; pero sólo un segmento inicial, intermedio y final será publicado en la carta de aproximación para cada una. (Figura 5-56)

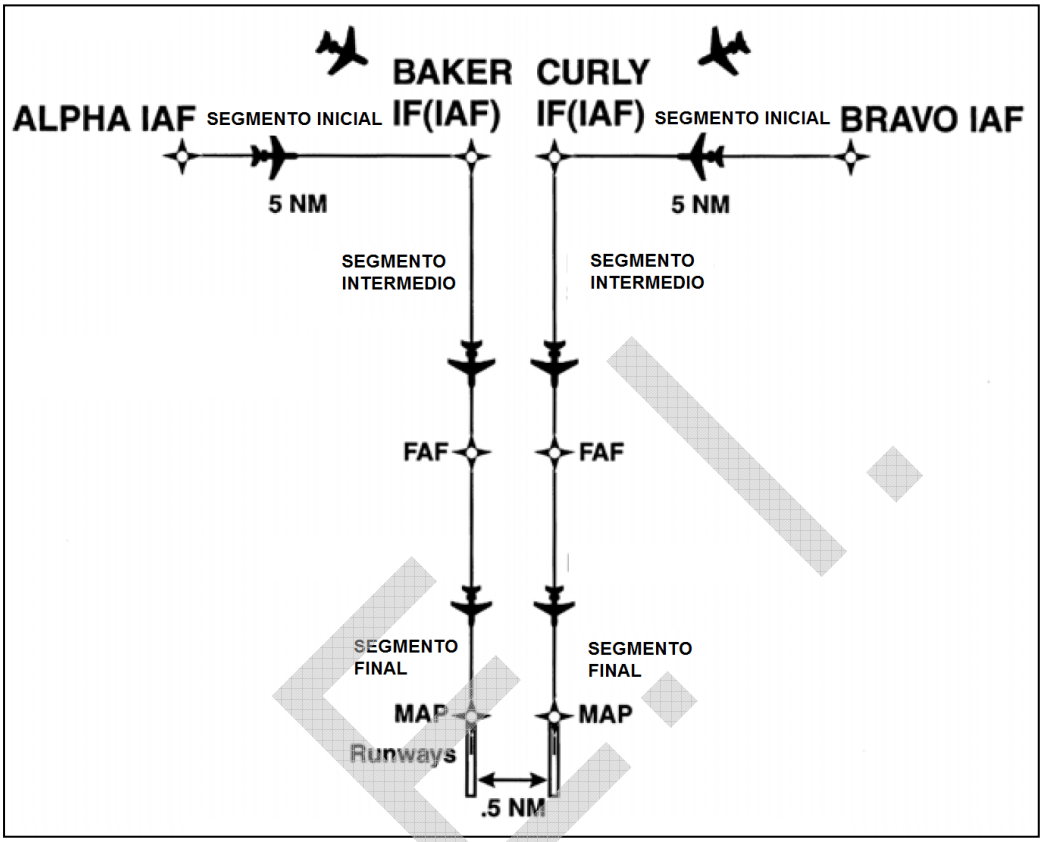


Figura 5-56

Un TAA estándar está compuesto por 3 áreas las que son establecidas por los segmentos de una "T" o "Y" básica. Estas áreas son llamadas "Directa", "Base Derecha" y "Base Izquierda". Un arco de 30 millas náuticas en cada área es establecido como límite de éstas. **(Figura 5-57)**

Cuando el avión entre en un área o cuando lo indique el ATC dentro de ésta, el piloto debe dirigirse directo al IAF correspondiente. El piloto tiene la opción de proceder directo al circuito de espera para acomodarse (viraje de Procedimiento) en todas las áreas con la salvedad que debe ser solicitado previamente a ATC.

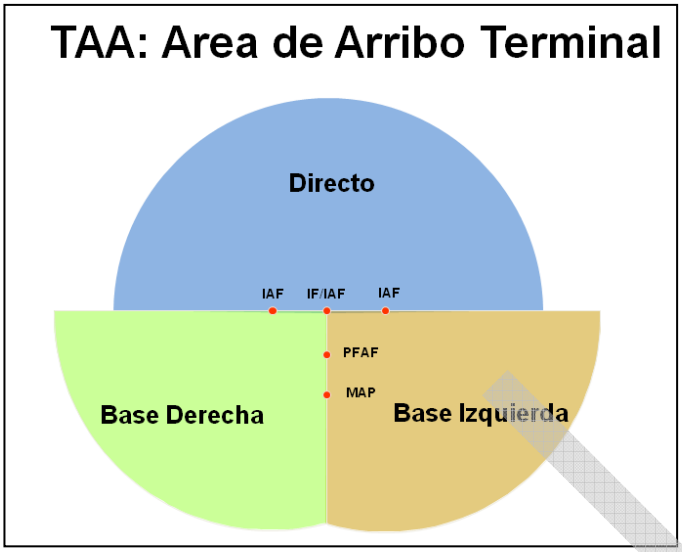


Figura 5-57

El circuito de espera en el IF (IAF) es estándar. Los límites de cada área son líneas de cursos magnéticos hacia el IF (IAF) lateralmente y por distancias definidas longitudinalmente. También existen circuitos de espera delimitados por tiempo en los cuales son identificables debido a que no tienen publicado un límite de distancia.

Las altitudes establecidas en el TAA deben ser mantenidas por aeronaves cruzando estas áreas, teniendo en cuenta que las distancias publicadas de cada área pueden ser distintas entre sí. Para estos casos se ilustrará el área delimitada para cada caso. **(Figura 5-58)**

Para los segmentos de Base Derecha e Izquierda deben ser ingresados en el sistema RNAV como transición al respectivo IAF. En el caso que la base de datos contenga un procedimiento de circuito de espera sobre el IF(IAF), también aparecerá como transición al insertar el procedimiento.

Normalmente la altitud indicada en la TAA es la misma que la del circuito de espera; sin embargo, puede haber lugares donde por condiciones del terreno o necesidades operacionales esto varíe.

Puede haber áreas de entrada en que la base derecha o izquierda sea modificada o definitivamente eliminada. Un viraje de procedimiento puede ser requerido para aviones ingresando desde determinado sector.

Cuando ambos IAF laterales son eliminados y la aeronave deba realizar un viraje de más de 120° para interceptar el curso de la aproximación hacia el FAF, el piloto deberá efectuar un procedimiento de entrada de

circuito de espera sobre el IF de modo que estar interceptado en el curso de acercamiento antes de iniciar la aproximación. **(Figura 5-59/60)**

En el caso que la aproximación no contenga IAF laterales ni tampoco circuito de espera publicado, la aproximación sólo se puede realizar alcanzando el IF por medio de una STAR o mediante vectores radar. Ej.: aproximación RNAV (GNSS) RWY 17 de SCEL **(Figura 5-61)**

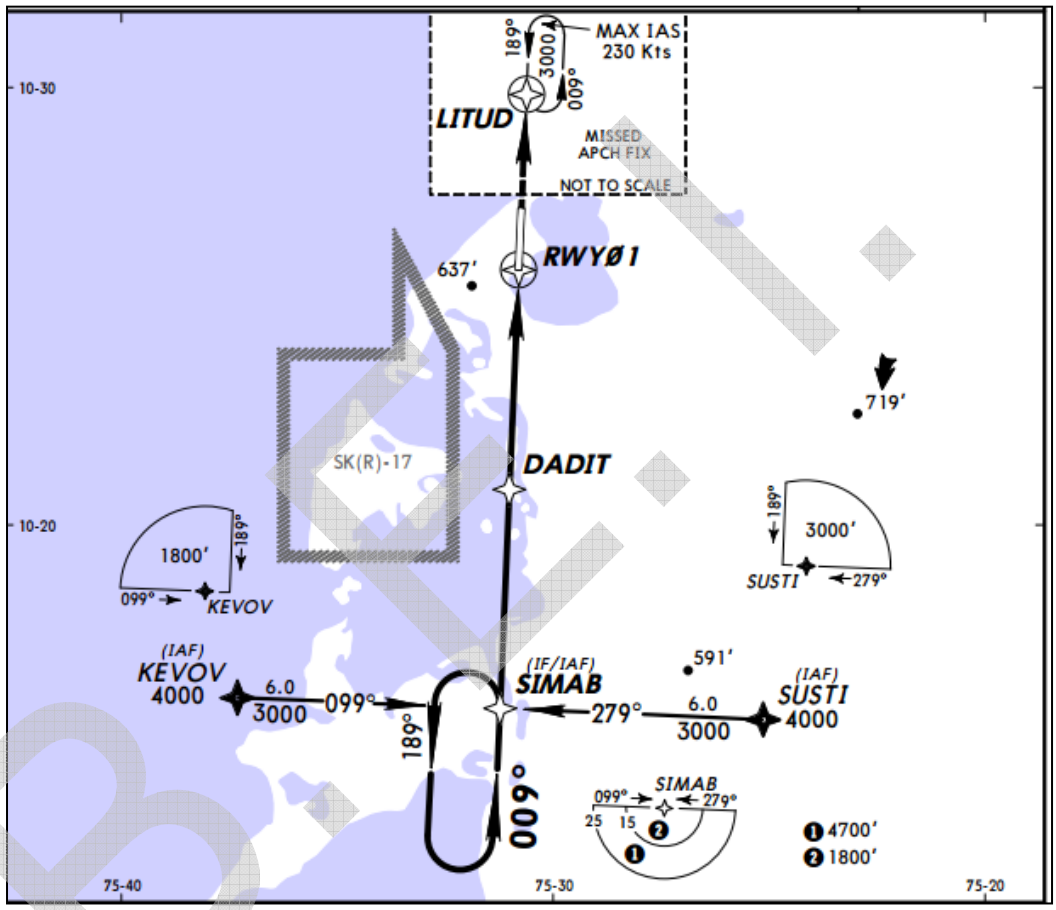


Figura 5-58

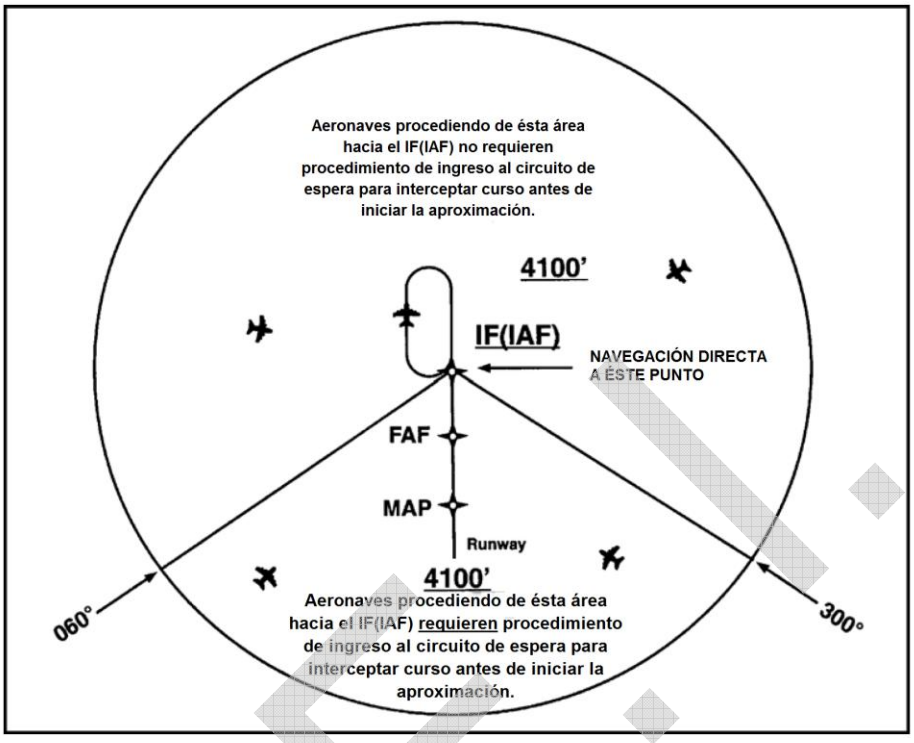


Figura 5-59

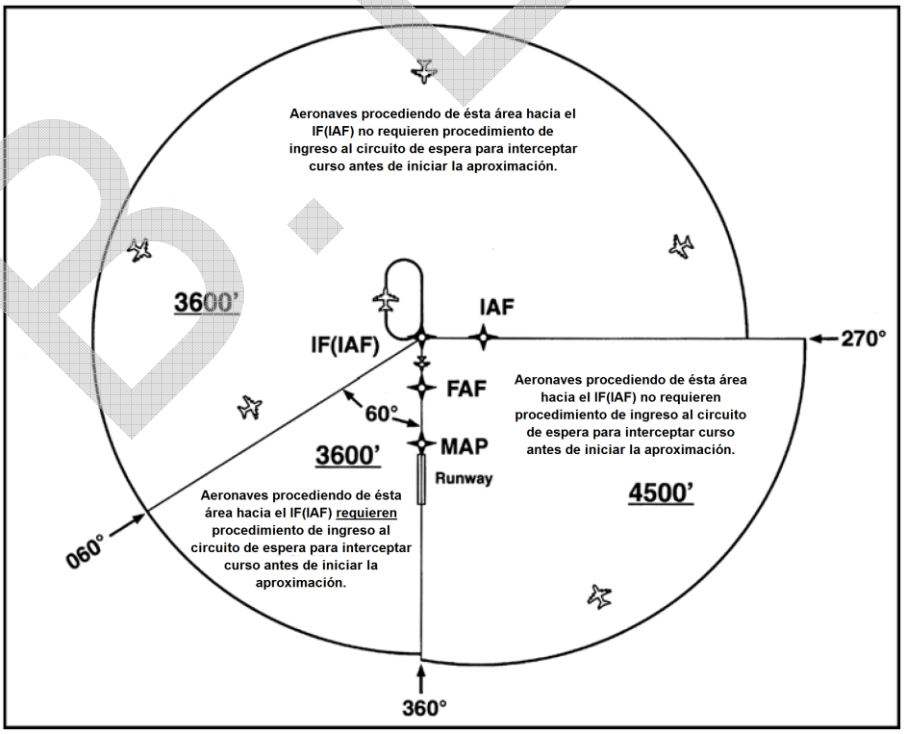


Figura 5-60

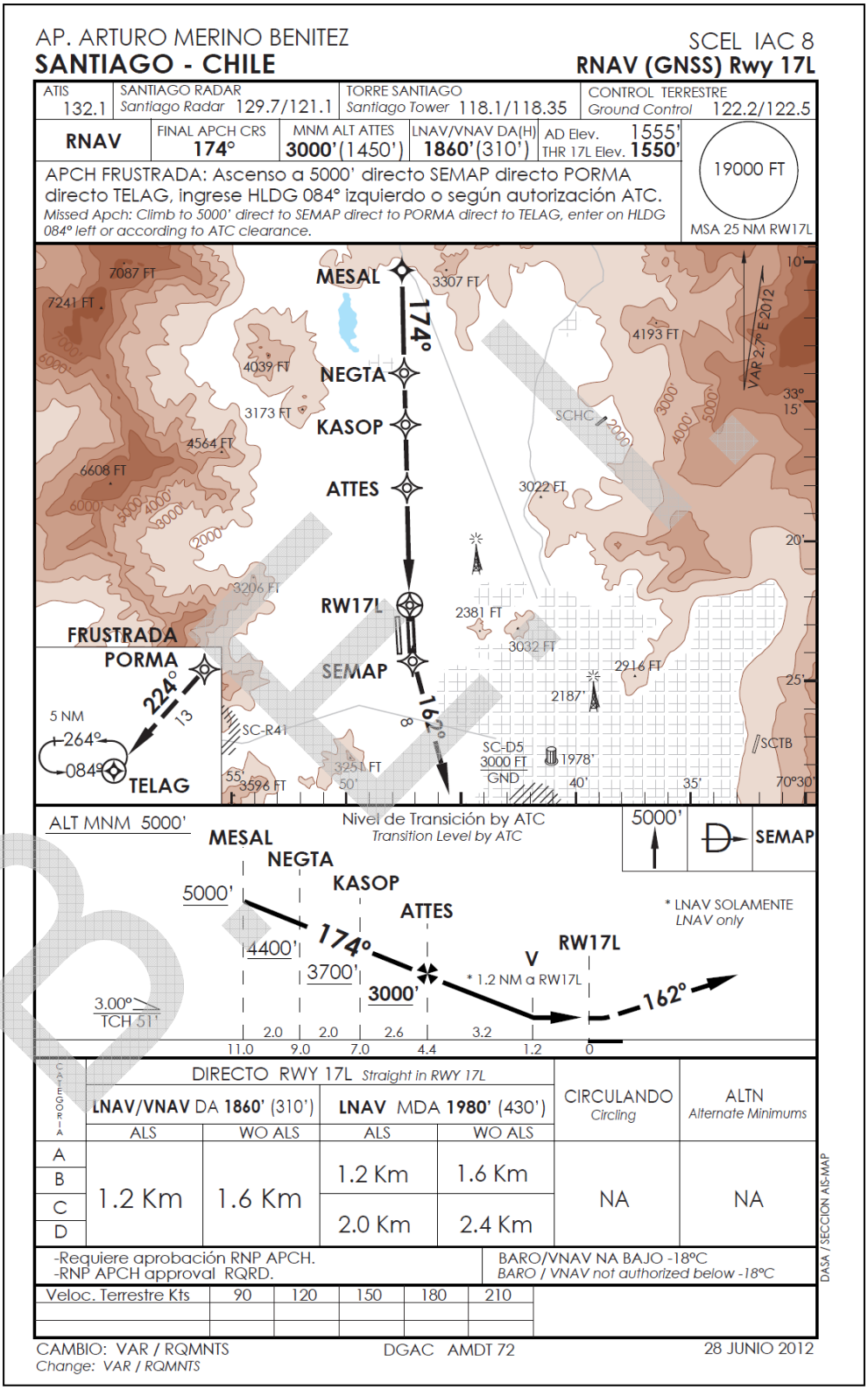

AP. ARTURO MERINO BENITEZ
SANTIAGO - CHILE
SCEL IAC 8
RNAV (GNSS) Rwy 17L
ATIS 132.1
SANTIAGO RADAR Santiago Radar 129.7/121.1
TORRE SANTIAGO Santiago Tower 118.1/118.35
CONTROL TERRESTRE Ground Control 122.2/122.5
RNAV
FINAL APCH CRS 174°
MNM ALT ATTES 3000'(1450')
LNAV/VNAV DA(H) 1860'(310')
AD Elev. 1555'
THR 17L Elev. 1550'
APCH FRUSTRADA: Ascenso a 5000' directo SEMAP directo PORMA directo TELAG, ingrese HLDG 084° izquierdo o según autorización ATC.
Missed Apch: Climb to 5000' direct to SEMAP direct to PORMA direct to TELAG, enter on HLDG 084° left or according to ATC clearance.
19000 FT
MSA 25 NM RW17L
MESAL
NEGTA
KASOP
ATTES
RW17L
SEMAP
FRUSTRADA
PORMA
TELAG
174°
224°
162°
5 NM
264°
084°
13
8
7087 FT
7241 FT
6608 FT
4564 FT
4039 FT
3173 FT
3307 FT
4193 FT
3022 FT
3206 FT
2381 FT
3032 FT
2916 FT
2187'
3251 FT
3596 FT
1978'
SC-R41
SC-D5
3000 FT
GND
SCHC
SCTB
VAR 2.7°E 2012
ALT MNM 5000'
Nivel de Transición by ATC
Transition Level by ATC
5000'
SEMAP
5000'
4400'
3700'
3000'
* LNAV SOLAMENTE
LNAV only
* 1.2 NM a RW17L
V
3.00°
TCH 51'
2.0
2.0
2.6
3.2
11.0
9.0
7.0
4.4
1.2
0
DIRECTO RWY 17L Straight in RWY 17L
LNAV/VNAV DA 1860' (310')
LNAV MDA 1980' (430')
CIRCULANDO Circling
ALTN Alternate Minimums
CATEGORIA
ALS
WO ALS
A
B
C
D
1.2 Km
1.6 Km
1.2 Km
1.6 Km
2.0 Km
2.4 Km
NA
NA
-Requiere aprobación RNP APCH.
-RNP APCH approval RQRD.
BARO/VNAV NA BAJO -18°C
BARO / VNAV not authorized below -18°C
Veloc. Terrestre Kts
90
120
150
180
210
CAMBIO: VAR / RQMNTS
Change: VAR / RQMNTS
DGAC AMDT 72
28 JUNIO 2012
DASA / SECCION AIS-MAP

Figura 5-61

Cuando planifique una aproximación RNAV deberá ingresar la aproximación RNAV seleccionando de la base de datos la siguiente información:

- Pista.
- Aproximación
- Transición
- Procedimiento de llegada (STAR).

Antes de solicitar la aproximación a ATC hay que verificar el estado RAIM del sistema RNAV y la disponibilidad e integridad de los satélites a la hora que estima realizará la aproximación.

Deberá tener especial cuidado en la verificación de cada punto para la continuidad de la ruta, ya que puede que se establezcan puntos duplicados o descontinuidades dentro de la ruta del sistema.

Una vez que la aeronave se encuentre previa a iniciar la aproximación, deberá verificar que la aproximación esté armada. Esto significa que en una secuencia continua de ruta, la aproximación se activará automáticamente. La aproximación puede ser activada automáticamente por el sistema posterior al paso del IF, o bien ser activada manualmente.

Si no existe una continuidad en la ruta hacia el inicio de la aproximación, o si se encuentra volando por vectores radar hacia el curso final de la aproximación, es responsabilidad de la tripulación activar la aproximación manualmente.

Una vez que la aeronave deje el IF, la tripulación debe verificar el cambio de escala del CDI en las pantallas o instrumentos principales de navegación. En la mayoría de las aeronaves se observa en la pantalla o indicador el mensaje APPROACH MODE.

En caso de una aproximación frustrada, al llegar al MAPt, deberá verificar que el sistema siga el procedimiento de frustrada de la base de datos. En algunas aeronaves deberá activar manualmente el modo de frustrada mediante un botón GO ARROUND (si está disponible) o directamente desde la interfase del sistema RNAV.

6 PLANIFICACIÓN DEL VUELO POR INSTRUMENTOS.

6.1 GENERALIDADES.

Todo vuelo requiere una preparación previa. En especial en el vuelo por instrumentos, es fundamental una preparación y planificación acuciosa, con el fin de llevarlo a efecto en forma segura y en condiciones de enfrentar variables no planificadas.

La finalidad de este capítulo es proporcionar al piloto una guía o lista de verificación, al cual deberá referirse cada vez que deba efectuar un vuelo instrumental, para poder reunir y analizar la información concerniente a la misión.

6.2 METEOROLOGÍA.

La información meteorológica es de suma importancia para la navegación aérea, ya que en muchas ocasiones constituye un obstáculo para la ejecución segura de un vuelo.

La información mínima requerida por el piloto para un vuelo por instrumentos debe ser la siguiente:

6.2.1 Información de Terminales (METAR / TAF).

Información de los aeródromos de salida, destino y alternativas.

- Viento de superficie (dirección e intensidad).
- Visibilidad horizontal.
- Fenómenos significativos
- Nubosidad (cantidad, tipos y alturas).
- Temperatura ambiente.
- Temperatura punto de rocío.
- Presión atmosférica y tendencia.
- Pronóstico.

B.E.I.

6.2.2 Información de los pronósticos para vuelos bajo el Nivel Fl150 (GAMET).

- Información de fenómenos peligrosos (Sección I)
- Fenómeno presente (frentes, centros de presión y movimientos)
- Cantidad, tipo y altitud de la nubosidad.
- Vientos de altura en los niveles normales de operación del avión.
- Altitud de la isoterma 0°C.

6.2.3 Análisis de la información meteorológica.

Se debe considerar obtener el máximo de información disponible desde la oficina meteorológica correspondiente.

Actualmente esta información está disponible a través de Internet, Fax, llamada telefónica a la oficina de meteorología, etc. **(Figura 6-1)**

Estas fuentes de información pueden ser cartas sinópticas de superficie, fotos satelitales, cortes verticales, cartas de turbulencia, hielo, viento, tormentas y briefing del meteorólogo de servicio, etc., con la finalidad de determinar la factibilidad de efectuar el vuelo, tomando en cuenta las características de la aeronave, su equipamiento para enfrentar condiciones adversas de tiempo meteorológico y los posibles riesgos a encontrar durante el vuelo. Estas fuentes deben ser oficiales, confiables y estipuladas por la Unidad de vuelo.

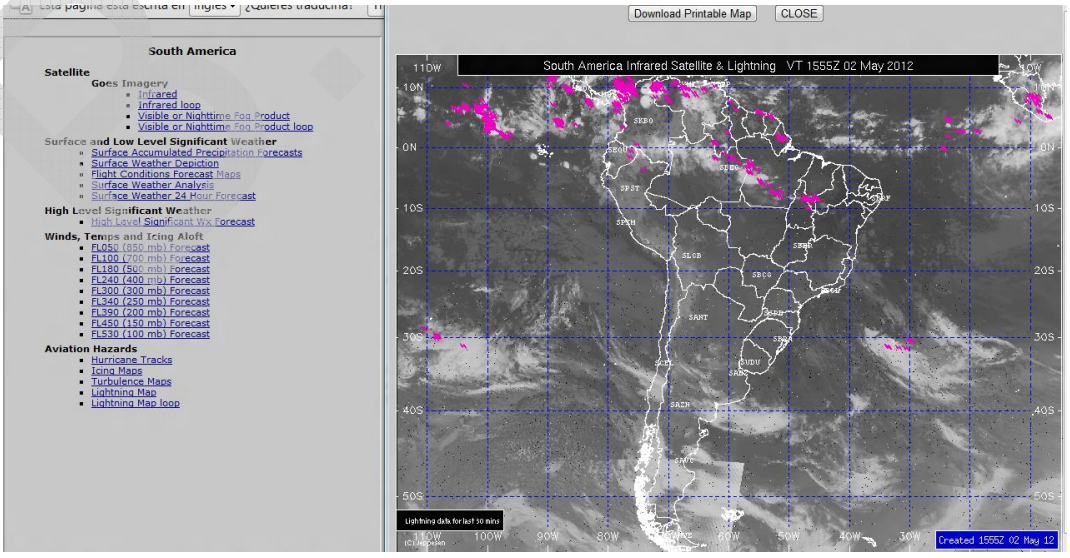


Figura 6-1

6.2.4 Selección de Alternativas.

Para seleccionar un aeródromo como alternativa se debe considerar los siguientes factores:

- Que cuente con un procedimiento de aproximación instrumentos aplicables a la categoría de la aeronave.
- Verificar los mínimos meteorológicos que requiere para seleccionarlo como alternativa.
- Analizar el pronóstico para dicho aeropuerto o aeródromo.
- Verificar el combustible necesario para llegar desde el destino a la alternativa más crítica, si corresponde de acuerdo a la reglamentación vigente (verifique la norma correspondiente a su aeronave).

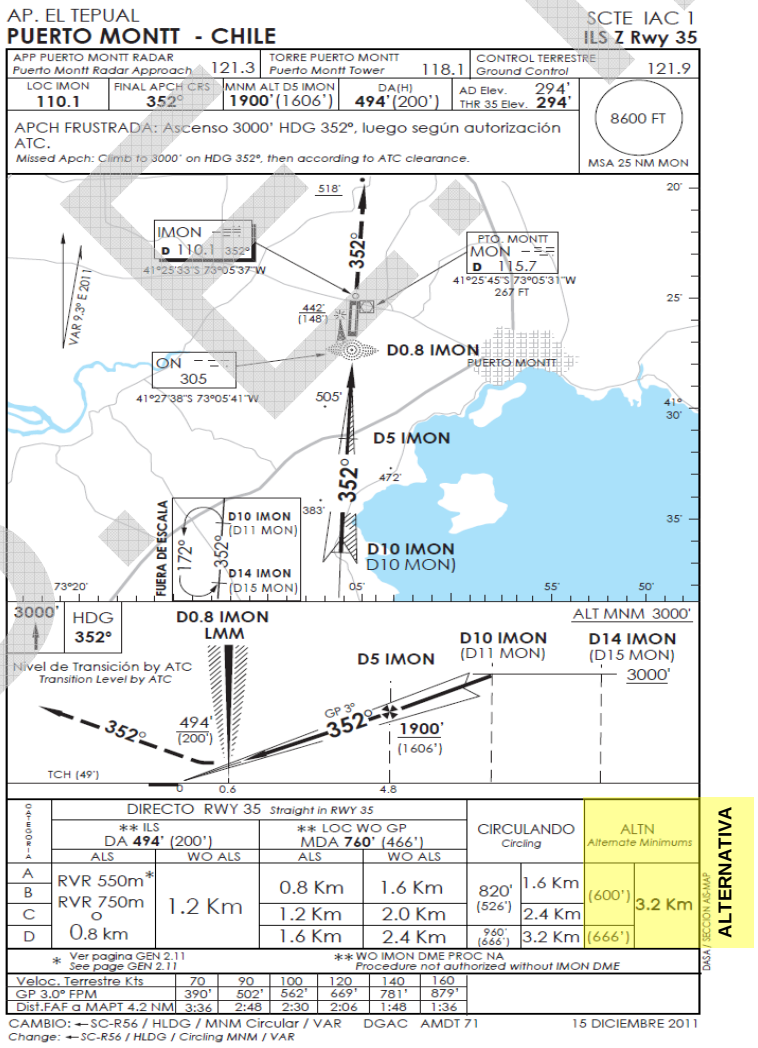


Figura 6-2

- En la carta de aproximación instrumentos de El Tepual podemos apreciar que los mínimos para considerar este Aeropuerto como alternativa son 800’ pies de techo de las nubes y una visibilidad de 3,2 Kms, como mínimo. Se puede apreciar en el ejemplo que los mínimos para considerarlo como Aeródromo de Alternativa son superiores a los mínimos de la Aproximación instrumentos respectiva.(Figura 6-2)

6.2.5 Oficina de Operaciones.

Una vez conocida la situación meteorológica general, el piloto necesita saber el estado operativo de las radioayudas y de los aeropuertos y aeródromos involucrados en su vuelo o de cualquier novedad que estos pudiesen presentar respecto a la información que esta publicada en el AIP.

6.2.5.1NOTAMs (Notices To Airmen).

Consiste en notas que contienen información esencial concerniente a los aeródromos, a la ruta, radioayudas, servicios, procedimiento o condiciones de riesgo, cuyo conocimiento debe ser difundido en forma rápida y fidedigna, con el fin de mantener la seguridad de las operaciones de vuelo.

Para saber la clasificación y abreviaturas usadas en los NOTAMs, deberá referirse al AIP CHILE.

Los pilotos que operan aviones equipados con FMS / GPS deben revisar los NOTAM de las bases de datos del proveedor de su sistema correspondiente.

6.2.6 Planificación del Vuelo.

Basándose en el análisis meteorológico y NOTAMs, más la información que se obtendrá de las tablas de perfomance y publicaciones AIP, el piloto está en condiciones de decidir su ruta y completar su cartilla de navegación de vuelo. Figura 6-3.

BETA

ACID TYPE	PIC CMDR	OPR	DOF FLT/RULE	ADEP ADES	OFF BLOCK T/O	ON BLOCK LAND	BLOCK/T FLIGHT/T	ROUTE
FACH361 C525	CANALES		04-OCT-2013 M/IFR EET 01:29 503.3 NM	SCTE 1306 SCEL 1435				MON UW200 VLD UT108 AMB

CLEARANCE	

WAYPOINT	AIR WAY	ALT MEA	TAS GS	WIND TEMP	TRK HDG	LEG DIST TOT DIST	LEG ETE	ATE	ATA ETA	FUEL 3220 LBS	REMARKS
SCTE EL TEPUAL				000/0		503.3	01:29		: 13:06	60 3,160	
MON 115.7 VOR PUERTO MONTT	UW200	CLMB	260 260	000/0	009 009	0.6 502.7	00:00 01:29		: 13:06	60 3,160	
TOC (TOP OF CLIMB)		F360	260 260	000/0 0	360 360	65.0 437.7	00:15 01:14		: 13:21	350 2,870	
VLD 208 NDB VALDIVIA	UT108	F360	350 350	000/0 0	360 360	37.4 400.3	00:06 01:08		: 13:27	423 2,797	
TEVAL	UT108	F360	350 350	000/0 0	011 011	127.1 273.2	00:22 00:46		: 13:49	692 2,528	
ESCOT	UT108	F360	350 350	000/0 0	011 011	142.6 130.6	00:24 00:22		: 14:13	984 2,236	
TOD (TOP OF DESCENT)		F360	350 350	000/0 0	029 029	51.4 79.2	00:09 00:13		: 14:22	1,094 2,126	
TILKO	UT108	DESC	350 350	000/0 0	029 029	17.5 61.6	00:03 00:10		: 14:25	1,131 2,089	
AMB 116.1 VOR SANTIAGO		DESC	350 350	000/0 0	029 029	60.0 1.6	00:10 00:00		: 14:35	1,253 1,967	
SCEL ARTURO MERINO BENITEZ			250 250	000/0	343 343	1.6 0.0	00:00 00:00		: 14:35	1,253 1,967	
ALTERNATE1: SCVM VINA DEL MAR			350 350	000/0	308 308	43.5 546.8	00:07 01:36		: 14:42	1,380 1,840	
ALTERNATE2: SCIE CARRIEL SUR			350 350	000/0	208 208	231.3 734.6	00:40 02:09		: 15:22	1,982 1,238	

FUEL PLAN		
TAXI FUEL [LBS]	60	
DESTINATION FUEL	1253	
DESTINATION CONTINGENCY FUEL [5%]	63	
ALTERNATE FUEL + CONTINGENCY [5%]	765	
RESERVE FUEL [LBS]	700	
TOTAL FUEL REQUIRED	2,841	

GFS wind forecast from: 02/11/2013 06:00

Figura 6-3

6.2.6.1Combustible.

El cálculo de combustible para una misión IFR debe considerar:
- Arribo al aeródromo de destino; más
- Arribo al aeródromo de alternativa más crítico (si es aplicable); más
- Combustible remanente calculado dependiendo del tipo de aeronave según lo establecido en las normas aeronáuticas.

El combustible remanente por sobre los requerimientos mínimos podrá ser previsto para tiempos de espera.

6.2.6.2Factibilidad RNAV

En caso que se planifique el ingreso en espacio aéreo RNAV, deberá verificar la factibilidad de cumplir con lo querido en términos de precisión en la fecha y hora en el cual se realizará el vuelo. Para esto, los sistemas GNSS y FMS cuentan con softwares que determinan la capacidad RNAV o RNP para una ruta determinada considerando radioayudas y la distribución

e integridad de los satélites que estarán disponibles en el momento preciso del vuelo. Consulte acerca de la disponibilidad y aplicación de estas herramientas con su proveedor de sistemas.

6.3 FORMULARIO PLAN DE VUELO

Una vez que el piloto ha completado su cartilla de navegación de vuelo, tendrá toda la información que necesita para llenar el formulario "Plan de Vuelo" (ATC-1). Este formulario se encuentra en todas las oficinas de Operaciones, así como las instrucciones para su llenado. En todo caso, estas instrucciones aparecen en el AIP-CHILE.

6.4 EQUIPO DE VUELO

El piloto deberá contar como mínimo con el siguiente equipo:

6.4.1 Equipo Personal.

Equipo de vuelo adecuado a la aeronave que se esté operando conforme a la región geográfica que este volando o prevea volar.

6.4.2 Publicaciones / AIP-Volumen II.

- Salidas por instrumentos (SID).
- Cartas Aerovías (AWY) y áreas terminales (TMA).
- Procedimientos de llegada (STAR's).
- Cartas de Aproximaciones (APCH).

6.4.3 EFB (Electronic Flight Bag)

Actualmente se cuenta con tecnología para eliminar papeles en la cabina, sin embargo no todos cuentan con aprobación de autoridades aeronáuticas.

Tenga en cuenta las siguientes consideraciones:

- Verifique que su equipo esté aprobado.
- Asegúrese que la información está actualizada.
- No active internet móvil, WI-FI o Bluetooth durante el vuelo si no está seguro si afectan o no a los instrumentos de vuelo.

B.F.I.

- Lleve consigo las publicaciones en papel, o como alternativa otro EFB (aeronaves biplaza) si la fuente de alimentación de su equipo no proviene de la aeronave (sólo batería interna).

6.4.4 Otros

- Cartilla de navegación de vuelo.
- Computador Dalton (manual o electrónico).
- Linterna con filtro rojo.
- Información o manuales adicionales que el piloto requiera.
- Destornillador pequeño (si es aplicable)
- Manuales de operación de la aeronave.

6.5 COMUNICACIONES

Antes de iniciar el vuelo, deberá verificar en tierra el correcto funcionamiento de los equipos de comunicaciones con las dependencias de Tránsito Aéreo, no permitiéndose el despegue en caso de comunicaciones no óptimas.

Además en el tema de procedimientos de comunicaciones con las dependencias de tránsito Aéreo es importante tener siempre presente de no sacrificar el control de la aeronave por un reporte de posición, respuesta, llamada o cambio de frecuencia en sus equipos.

Una adecuada planificación del Vuelo por instrumentos, le permitirá que estas condiciones no ocurran.

No llame (por ejemplo) “XXX frustrando” si aún tiene pendiente alguna rutina de cabina relacionada conteste procedimiento; pues para responder luego las instrucciones subsiguientes de ATC, deberá distraer sus manos y mente en algo que es secundario al vuelo.

Si Ud. va despegando para ejecutar una SID o se encuentra iniciando el descenso para una aproximación, el ATC requerirá que haga un cambio de frecuencia de TWR a ACC, viceversa, u otro. Si para cumplir con lo indicado necesita descuidar el control de la aeronave, pospóngalo hasta poder hacerlo con seguridad.

Recuerde que bajo reglas de Vuelo por Instrumentos se le garantiza separación con el resto de los tráficos hasta el límite de la autorización; por

lo que en ese momento le queda aún mucho tiempo para hacer sus llamadas con calma.

Es recomendable leer y repasar la reglamentación aeronáutica relativa a las Reglas de Vuelo por Instrumentos para lo cual siempre tenga disponible de fácil acceso la DAN 91 respecto a límites de autorización y falla de comunicaciones.

6.6 TIPOS DE NAVEGACIONES INSTRUMENTALES

6.6.1 Sobre Aerovías

Este tipo de navegación está basado en aerovías Inferiores y Superiores. Estas dos categorías se traslapan de tal forma de permitir una transición fácil entre una y otra.

Aerovías Inferiores. Están diseñadas desde 2500 ft sobre la superficie (o más alto según aerovía), hasta Nivel de vuelo FL245. Se encuentran en las cartas de aerovías inferiores. A menos que sea autorizado por el ATC, los pilotos están obligados a mantener la línea central de las aerovías. Esto cobra especial atención en los cambios de cursos.

Los virajes iniciados sobre o pasado un fix pueden llevar al avión a exceder los límites de seguridad de la aerovía; por lo tanto se recomienda calcular y volar el anticipo necesario con el fin de no exceder los límites de seguridad, manteniéndose lo más cercano posible al centro de ésta.

Aerovías Superiores. Éstas se encuentran desde FL245 hasta FL450. Van impresas en cartas de aerovías superiores, siendo denominadas por la letra U (Upper) seguida de un número (Ej. UL-312). La segunda letra indica la calidad de aerovía dependiendo de la distancia total, considerando las conexiones internacionales y regionales

6.6.2 Rutas RNAV 5

La RNAV 5 es la especificación de navegación que se aplica en todas las rutas RNAV comprendidas en el espacio aéreo continental dentro de los límites de las FIR Antofagasta, Santiago, Puerto Montt y Punta Arenas, con excepción de las rutas declaradas publicadas, para aeronaves que satisfagan una precisión de la navegación lateral y longitudinal en ruta de ±5 NM o mejor el 95% del tiempo total del vuelo.

R.E.I.

Estas consideran, para el caso de Chile, sólo el uso de sensores GNSS y/o INS/IRS, según se especifica en la AIP-Chile Volumen I, y sólo pueden ser usadas por aeronaves que cuenten con el equipamiento necesario aprobadas por la DGAC. Sin embargo las aeronaves de la Fuerza Aérea, al ser consideradas aeronaves de estado, están exceptuadas de tener una autorización para operaciones RNAV 5, al igual que las aeronaves en misiones SAR, las aeronaves en misión humanitaria y las aeronaves en vuelo de mantenimiento o primera entrega.

Consulte en publicaciones aeronáuticas y reglamentación las condiciones respecto a la presentación del plan de vuelo y a la información adicional que debe contener.

Antes de iniciar una operación en una ruta RNAV 5, se verificará lo siguiente:

- Revisar los registros del parte III de la aeronave, para asegurarse que se han tomado las acciones correspondientes a discrepancias de los sistemas involucrados en la operación de equipos RNAV.

- Chequear la validez de la base de datos del sistema RNAV (ciclo AIRAC vigente).

- Revisar el plan de vuelo autorizado comparando las cartas u otros recursos aplicables con la presentación textual del sistema de navegación y la presentación en pantalla de la aeronave, si es aplicable.

- Chequear que los equipos de navegación convencionales estén operativos ya que estos son el sistema alterno de navegación exigido por la DGAC.

  NOTA: Deberá confirmarse la exclusión de ayudas para la navegación específicas, en caso que el sistema incluya otros sensores distintos a GNSS, INS/IRS, VOR/DME y DME/DME.

- Verificar 24 o más satélites estarán en servicio durante el período de tiempo del vuelo; o hasta 23 si un satélite de los indicados anteriormente es programado para estar fuera de servicio durante el periodo de tiempo del vuelo, en caso de un equipo GNSS que incorpore altitud barométrica en su cálculo.

B.E.I.

- En caso que no se cumpla lo anterior, se deberá verificar la disponibilidad de la función RAIM del GNSS para el vuelo previsto (ruta y duración), mediante el uso de un programa de predicción basado en tierra o incorporado en el sistema de a bordo de la aeronave (RAIM), con 2 horas de antelación del despegue. Además deberá considerar la ruta al aeródromo de destino y alternativas con variaciones de velocidad terrestre (GS) que pudieran afectar las estimadas por viento.

  NOTA: Deberá verificar que software o programa de predicción en tierra cuente con información de almanaque y NOTAMS actualizada para el sistema de satélites a utilizar.

6.6.2.1Plan de Vuelo en espacio aéreo RNAV-5

Si su aeronave está aprobada para tal efecto, se debe insertar la letra **R** en la **casilla 10** (Equipo) del Plan de Vuelo para indicar que la aeronave cumple con las especificaciones de navegación prescrita por la ruta.

Además deberá consignar las especificaciones de navegación en la casilla 18 con el indicador PBN / seguido del código que identifica a la especificación de navegación correspondiente. El código establece las capacidades RNAV y RNP que son declaradas en el plan de vuelo según lo estandarizado por la OACI de acuerdo al cuadro de la página siguiente. **(Figura 6-4)**.

En caso de una degradación del sistema RNAV previo al vuelo, el plan de vuelo no debe contener la especificación de navegación en el plan de vuelo (letra **R** en la **casilla 10**), y por tanto deberá presentar un nuevo plan de vuelo en caso que haya sido cursado previamente.

Si su aeronave no está aprobada para el vuelo en este espacio aéreo, como aeronave de Estado, debe llenar el ítem 18 con la información RMK/NONRNAV10 y/o RMK/NONRNAV5. Además se deberá estipular en la casilla 18, la razón del tratamiento especial mediante la sigla STS/STATE.

P.F.I.

SEGMENTO	ESPECIFICACIÓN PBN	Todos los sensores permitidos	GNSS	DME/DME	VOR/DME	DME/DME/IRU (o INS/IRS para B5)	LORAN C
OCEÁNICO	RNAV 10	A1					
	RNP 4	L1					
RUTA	RNAV 5	B1	B2	B3	B4	B5	B6
	RNAV 2	C1	C2	C3		C4	
	RNAV 1	D1	D2	D3		D4	
TERMINAL	RNAV 1	D1	D2	D3		D4	
	RNP 1	O1	O2	O3		O4	
APROXIMACIÓN	RNP APCH	S1					
	RNP APCH con Baro VNAV	S2					
	RNP AR APCH con RF	T1					
	RNP AR APCH sin RF	T2					

Figura 6-4

6.6.3 Sistemas Inerciales (INS).

Estas unidades van integradas a la aeronave y no requieren información desde referencias externas, por lo tanto se consideran equipos autónomos de navegación.

6.6.4 GNSS / GPS.

Las aeronaves que utilicen el GNSS o GPS en vuelos IFR / IMC, deberán cumplir con lo siguiente:

- Sistema aprobado para tal efecto que cumpla los requerimientos de equipo de alguna de las clases A1, A2, B1, B2, C1 o C2 especificados en la Technical Standard Order TSO-C129/129a de la FAA o la TSO-115c para instalaciones posterior a Octubre del 2011.

- El sistema GNSS o GPS debe estar asociado como sensor de un Sistema Administrador de Vuelo FMS o, estar acoplado a Piloto Automático y/o Director de Vuelo.
- Poseer una Base de Datos actualizada cada 28 días no modificable por el usuario.
- En su manual de vuelo debe estar incluido este equipo incluyendo: Descripción general, procedimientos de operación GNSS / GPS y los sistemas relacionados, limitaciones y procedimientos de emergencia.

6.6.5 Fuera de Aerovía (Directo)

En ciertas circunstancias y bajo cobertura radar, un piloto puede ser autorizado a proceder “DIRECTO” a una radioayuda o un fix determinado. Para lo anterior también existen rutas directas para vuelos en ruta publicados en el AIP- Chile.

6.7 OPERACIÓN EN TIERRA

En este sub- capítulo se cubrirán los aspectos más importantes que el piloto debe considerar para efectuar las primeras fases de todo vuelo por instrumentos, como lo son las verificaciones previas al vuelo.

6.7.1 Checks De Cabina

Antes del vuelo se debe efectuar una verificación completa de los instrumentos de la cabina. Usted deberá verificar los siguientes ítems:

- Publicaciones: Asegurarse que tenga a bordo las publicaciones al día.
- Calentador al Tubo Pitot y sistemas anti-hielo: Verificar correcta operación.
- Velocímetros e indicadores MACH: Verifique la indicación de los instrumentos y su condición de acuerdo a lo indicado en el manual de vuelo.
- Indicadores de Actitud: Verificar el Manual de Vuelo respectivo para los límites de tolerancia. Asegurarse que las banderolas de aviso no estén visibles.
- Altímetro(s): Seleccione la elevación del campo. Verifique luego con la presión barométrica y registre la diferencia; esta diferencia no

puede exceder de 75 pies y entre altímetros no debe haber una diferencia superior a 50'; Si alguna de las condiciones anteriores se presenta o se excede, no podrá realizar el vuelo.

- Variómetro: Verificar que el indicador esté en posición cero. Si no es así, golpee suavemente la caja del instrumento. Si el indicador es análogo y no regresa a cero, use un pequeño desatornillador para ajustarlo.
- Compás Magnético: Verifique la correcta indicación de rumbo.
- Indicadores de Rumbo: Verifique la precisión de la información de rumbo. Asegúrese que el indicador de rumbo indique correctamente en virajes. Coloque el rumbo deseado bajo el indicador ajustable. Para sistemas directores de vuelo verifique el movimiento de las barras comando en el modo rumbo (Heading).
- Reloj: Asegúrese que esté operativo y en la hora.
- Aguja Indicadora de Virajes e Inclinómetro: Asegúrese que la aguja o avioncito indicador de virajes indique la correcta dirección del viraje. Verifique que la bola del inclinómetro tenga libertad de movimiento dentro del tubo de vidrio.
- Equipos de Navegación e Instrumentos: Ejecute la prueba de equipos en forma individual de ADF, VOR, DME e ILS.
- Otros Equipos: Verifique los otros equipos de vuelo y navegación por un correcto funcionamiento e información precisa.
- Database del GPS / FMS: Asegúrese que la base de datos este al día.

6.7.2 Autorización del Control de Tránsito Aéreo

Esta autorización permite a una aeronave proceder bajo condiciones de tráfico específicas, dentro del espacio aéreo controlado con el propósito de proveer de separación entre aeronaves.

Asegúrese de comprender la autorización emitida por las dependencias de tránsito aéreo. Si ésta no le satisface, podrá solicitar una autorización enmendada, la cual, de ser factible, le será suministrada.

NOTA: Toda autorización de ATC debe ser repetida o colacionada, inclusive las autorizaciones VFR, refiérase a la reglamentación respecto a la fraseología aeronáutica.

Antes de recibir la autorización, Ud. deberá recibir la información de las condiciones del aeródromo. En aeropuertos más congestionados se utiliza

un sistema automático de información llamado comúnmente ATIS (Automatic Terminal Information Service) que contiene toda la información que normalmente da Control Terrestre en el contacto inicial. También es utilizado por las aeronaves que arriban con el propósito de no saturar la frecuencia de control radar cuando el TMA se encuentra con alto tráfico.

La información está estructurada como se explica en la tabla de la Figura 6-5.

Mensaje	Explicación
Esta es la información Kilo del Aeropuerto Internacional de Santiago.	Indica la letra de identificación del boletín y el aeropuerto que lo emite.
Aterrizajes pista 17L.	Pistas utilizadas para el arribo.
Despegues de pista 17L y 17 R.	Pistas utilizadas para el despegue.
Viento dos cuatro cero, uno tres nudos.	Dirección del viento. (puede incluir información de todas las pistas)
Visibilidad sobre 10 KM.	Visibilidad. (puede incluir información de todas las pistas)
Parcial 3000 pies, Cubierto 5500 pies.	Información de nubosidad. (puede incluir información de todas las pistas)
Temperatura 15, punto de rocío 13.	Temperatura y punto de rocío en grados Celsius.
QNH 1012 hectopascales.	Información de Altímetro.
Nivel de transición F50.	Nivel de Vuelo.
Sin cambios significativos.	Posibilidad de cambios significativos o tendencia.
Trabajos al costado umbral pista 17L 300 mts. al W.	Información relevante del aeródromo en texto claro.
En el contacto inicial notifique con información Kilo.	Fin de la información.

Figura 6-5

Existen algunos aeropuertos o aeródromos que operan con la modalidad de autorización antes del rodaje en frecuencia Autorización (clearance o delivery en inglés), en donde los aviones que salen bajo reglas IFR deben esperar recibir su autorización antes de iniciar el rodaje para el despegue. Se debe tener en consideración los siguientes conceptos:

- Los pilotos deben llamar en frecuencia de autorización o terrestre, no antes de 10 minutos de planificado el inicio de la puesta en marcha.

B.E.I.

- La autorización IFR o su demora debería ser indicada al comienzo de esta comunicación.

- Una vez recibida la autorización, el piloto debe tomar contacto con control terrestre cuando se encuentre listo para rodar.

- Normalmente el piloto debe indicar a terrestre que ha recibido la autorización correspondiente desde el control de salida.

- Si el piloto no puede establecer contacto con el control de autorización y se encuentra listo para la puesta en marcha, debe contactarse con control terrestre e informar la situación al controlador.

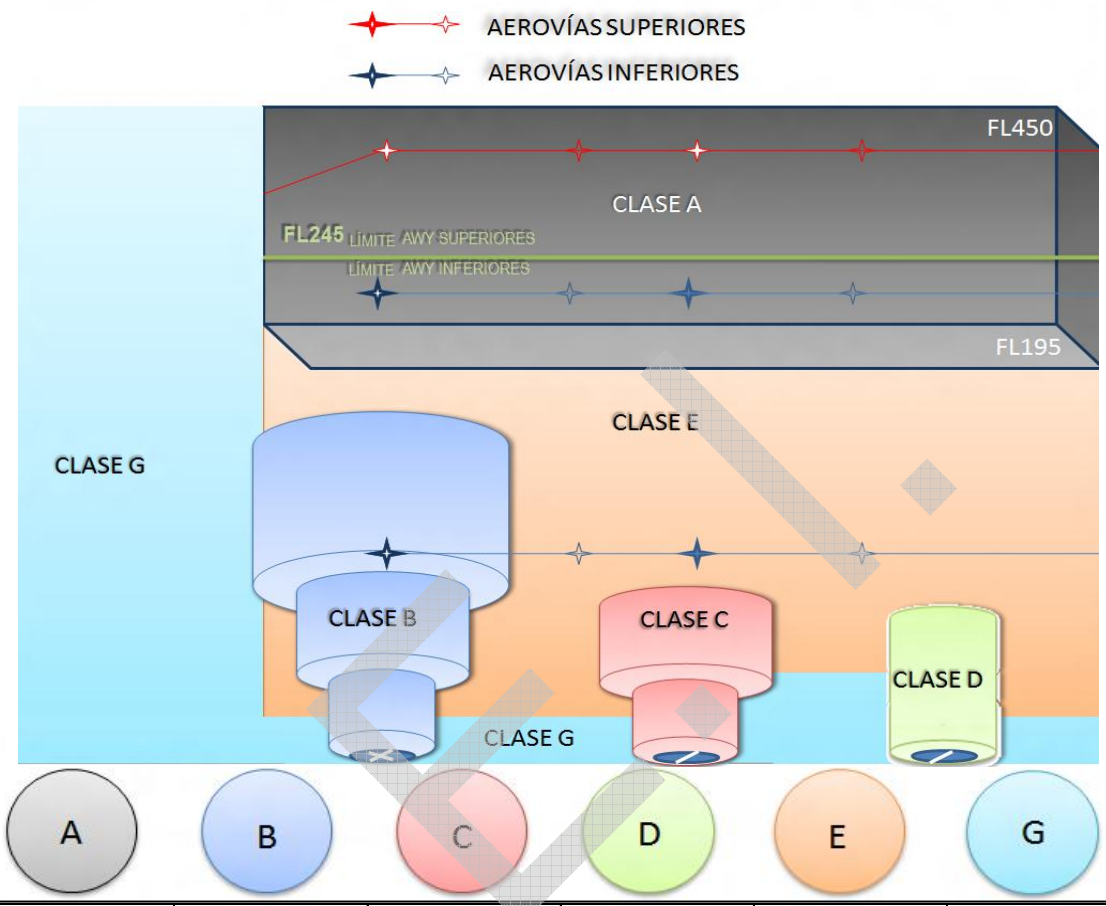
ATC provee al piloto de separación con los otros tráficos por medio de la autorización, considerando:

- Separación Vertical: Asignando diferentes altitudes o niveles.
- Separación Longitudinal: Controlando separaciones de tiempo o distancia (dependiendo si ATC posee radar) entre aviones en el mismo curso.
- Separación Lateral: Asignando diferentes trayectorias de vuelo.

ATC *no entrega* separación a aeronaves operando fuera de espacio aéreo controlado. Esta separación y la información proporcionada dependerán de la clase de espacio aéreo.

B.E.I.

6.8 CLASES DE ESPACIO AEREO



CLASE	A	B		C		D		E		G	
TIPO DE VUELO	Sòlo IFR	IFR	VFR	IFR	VFR	IFR	VFR	IFR	VFR	IFR	VFR
SEPARACION	Todas las aeronaves	Todas las aeronaves		IFR de IFR IFR de VFR	VFR de IFR	IFR de IFR	NINGUNA	IFR de IFR	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA
SERVICIO OTORGADO	Servicio ATC	Servicio ATC		Servicio ATC	- Servicio ATC (Separación IFR) - Información de tránsito. (VFR/VFR)	Servicio ATC e informaciòn de tràsito VFR	Informaciòn de tràsitos VFR e IFR	Servicio ATC e informaciòn de tràsito VFR en lo posible	Informaciòn de tràsito en lo posible	Informaciòn de Vuelo	Informaciòn de Vuelo
LIMIT. DE VELOCIDAD	NO SE APLICA	NO SE APLICA		NO SE APLICA	250 IAS BAJO 10.000 FT	250 IAS BAJO 10.000 FT		250 IAS BAJO 10.000 FT		250 IAS BAJO 10.000 FT	
SUJETO A CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO	SI	SI		SI		SI		SI	NO	NO	NO

Figura 6-6

En forma genérica los espacios aéreos en sus respectivos límites comprendidos dentro de las FIR bajo jurisdicción de Chile, serán clasificados como sigue:

- Las FIR de Antofagasta, Puerto Montt, Punta Arenas y Santiago GND-MSL/UNL Clase G, excepto AWY, TMA, CTR y UTA. El Vuelo VFR sobre FL195 no está autorizado.

- En el FIR de Isla de Pascua de GND-MSL a UNL Clase G, excepto AWY, TMA, CTR y UTA. El Vuelo VFR sobre FL245 no está autorizado.

- Las TMA de 2.000 FT AGL-MSL a FL195 Clase E, sobre FL195 hasta FL 245 Clase A, excepto el TMA Isla de Pascua que corresponde de 2.000 FT AGL-MSL a FL 245 como Clase E.

- Las AWY inferiores en las FIR de Antofagasta, Puerto Montt, Punta Arenas y Santiago a FL195 e inferior y en la FIR Isla de Pascua a FL 245 e inferior Clase E.

- Las AWY inferiores sobre FL195 Clase A.

- Todas las AWY Superiores Clase A.

- Todos los CTR Clase D.

- En aquellos TMA ó CTR donde se establezca espacio aéreo Clase C, éste prevalecerá sobre el punto anterior.

Las separaciones, tipos de vuelo, servicios brindados por ATC y otras limitaciones, están en el cuadro de la Figura 6-6.

6.9 PROCEDIMIENTOS DE SALIDA

6.9.1 Introducción

Generalmente la mayor atención en un vuelo instrumental es durante el arribo. Sin embargo, en muchos casos, la salida por instrumentos desde un aeropuerto o aeródromos en condiciones I.M.C. representa un

B.F.I.

alto riesgo, y tal vez mayor que la del arribo. Una aeronave arribando generalmente tiene mayores ventajas sobre otro saliendo en los siguientes aspectos:

6.9.1.1Performance

La mayoría de las aeronaves arribando tiene un peso inferior a las que salen, debido al consumo de combustible durante la ruta. Una aeronave saliendo por otro lado, generalmente se encuentra operando al límite de sus capacidades para cumplir con un mínimo de franqueamiento de obstáculos.

6.9.1.2Ruta Establecida

Procedimientos claros de aproximación están siempre disponibles para una aeronave arribando. Normalmente el piloto puede decidir entre una serie de aproximaciones, las que le proveen de una ruta segura y con información detallada de obstáculos. En cambio, una aeronave despegando se encuentra con procedimientos de salida a veces complejos y además, con escasa información de obstáculos que le pueden afectar durante la salida instrumentos.

6.9.1.3Opción de Escape

Una aeronave arribando puede nivelar, montar y volver para intentar nuevamente la aproximación si ésta se encuentra fuera de parámetros. En una aeronave despegando, una vez que sobrepasa la velocidad de decisión, el piloto está obligado a despegar.

Generalmente los Pilotos no analizan con profundidad los procedimientos de emergencia durante una salida en caso de falla de la aeronave o las radios ayudas utilizadas, para proseguir a alguna alternativa o regresar al Aeropuerto o Aeródromo de salida.

El entendimiento de los procedimientos de salidas instrumentos es una parte esencial de la planificación para un vuelo. En esta sección se entregan herramientas necesarias para una buena toma de decisiones al momento de salir de un aeropuerto bajo reglas IFR.

B.E.I.

6.9.2 Salidas Instrumentales

6.9.2.1Salidas Reglamentarias por Instrumentos (SID) o Procedimientos de Salida (DP).

Standard Instrumental Departure (SIDs), que también pueden ser identificados como Departure Procedures (DPs), son diseñados con el propósito de acelerar el proceso de salida de aeronaves desde un aeropuerto o aeródromo, para facilitar la transición entre el despegue y la ruta y también para asegurar un adecuado franqueamiento de obstáculos.

Con el propósito de tener un buen entendimiento de estos procedimientos, es necesario comprender primero los factores involucrados en el diseño de un procedimiento de salida.

6.9.2.2Identificación de Obstáculos en Superficie- (OIS).

Con el objetivo de determinar un procedimiento de salida para un aeropuerto determinado se comienza por buscar obstáculos en una proyección de 40:1 desde el final de pista. Esta elevación es equivalente a una gradiente de 2,5% o 152 pies por milla náutica. **(Fig. 6-6)**

Por criterio de diseño también se establece un franqueamiento de obstáculos requerido de 48 pies por milla náutica (R.O.C.). Al sumar estos 48 ppmn a los 152 ppmn, se obtiene un total de 200 ppmn, lo que es equivalente a una gradiente de 3,3%.

NOTA: A menos que una gradiente mayor esté publicada, una aeronave despegando está obligado a cumplir como mínimo los 200 pies por milla náutica en todas las salidas instrumentales.

NOTA: Cuando un especialista en Espacio Aéreo analiza los obstáculos, utiliza diferentes fuentes de información con el objeto de obtener la “mejor información disponible” para construir una base de datos de éstos. Algunos de las fuentes pueden incluir estudios de ingenieros civiles, mapas y cartas de alta resolución e incluso imágenes satelitales.

Lo señalado anteriormente deja a las tripulaciones con una capacidad mínima de desarrollo de alguna salida instrumentos no publicada por lo limitado de la información que se puede obtener desde las fuentes que tienen a su alcance (cartas aeronáuticas, etc.)

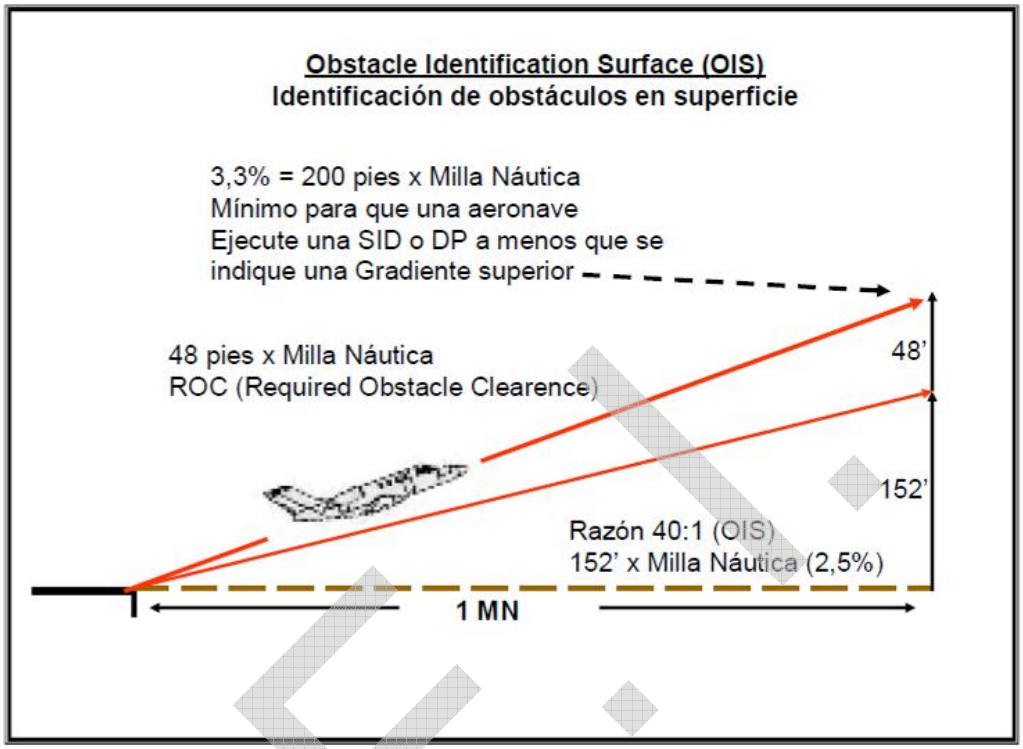


Figura 6-6

6.9.2.3Altura de Cruce de Final de Pista (RECH)

También conocida como Screen Height, esta altura es usada por algunos especialistas por requisitos de la autoridad aeronáutica correspondiente o cuando se encuentra un obstáculo dentro del 40:1 OIS. Esta altura va desde 0 a 35 pies sobre el final de pista. Este factor cobra importancia cuando se considera que si se despega desde una pista con un criterio de 35 pies y no se cumple, se estará volando bajo los mínimos de diseño de la salida.

En la mayoría de los procedimientos de salida, no hay forma de determinar que altura usó el especialista o la institución que los publica; por lo tanto, para efectos de planificación, lo mejor es planificar para el peor caso y cruzar el final de pista a 35 pies o más. **(Fig. 6- 7)**

A modo de ejemplo, en Estados Unidos, dependiendo de la autoridad que diseña la SID o DP, podemos encontrarnos con screen heights de 35 pies para la FAA y Ejército y de 0 pies para Armada y Fuerza Aérea. En el caso de la OACI, dependiendo de la zona del mundo, los criterios más usados van desde 0, 5, 16 o 35 pies. Para Chile, el criterio parte desde 0 pies; pero en algunos casos se ha adaptado para cumplir con el OIS de

40:1, por lo que definitivamente nos lleva a la conclusión de que lo mejor es planificar para la peor condición (35 pies AGL).

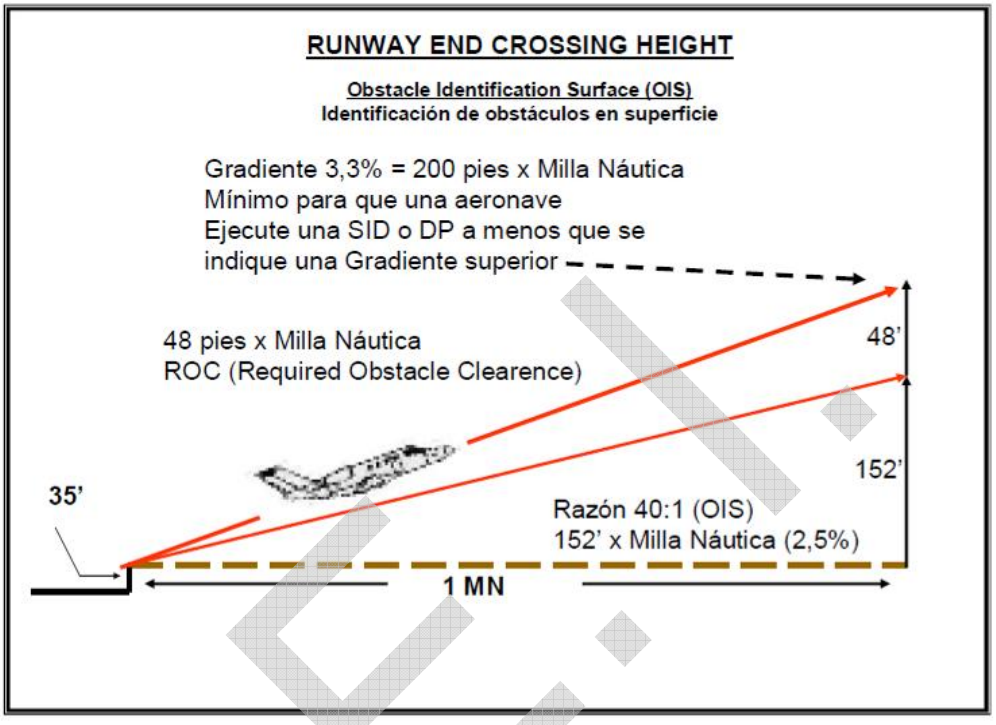


Figura 6-7

6.9.2.4Publicaciones

El formato de un procedimiento de salida instrumentos así como también las restricciones aplicables a éste, depende de la autoridad que lo publica.

Por ejemplo, en las publicaciones DGAC, la información necesaria se encuentra en las cartas SID y los mínimos en las cartas de aproximación Instrumentos. En el formato Jeppesen los procedimientos, mínimos y restricciones para el despegue se encuentran detrás de la cartilla, que contiene además, el diagrama del aeropuerto.

NOTA: Cuando se use cartas Jeppesen con la finalidad de efectuar un procedimiento de salida, se debe contar con la página del diagrama del aeropuerto y no sólo con las aproximaciones. En el caso de Chile, solo podrá utilizar la información AIP Chile Volumen II.

Otro factor a considerar en las publicaciones, es que no es necesario que cuenten con la presentación de los obstáculos, aunque éstos afecten directamente al diseño del procedimiento, por lo que los pilotos deben consultar otras fuentes para identificarlos.

6.9.2.5Procedimientos de Salida (DPs)

Aunque estos no son usados por la DGAC, consisten en instrucciones escritas de despegue (sin diagrama), basados en la cobertura radar de un aeropuerto determinado. Este tipo de procedimientos permite agilizar el flujo de tráficos salientes.

6.9.2.6Gradiente de una SID.

Cuando el gradiente de un procedimiento de salida sobrepasa el estándar (200ppmn), debe ser publicado en la cartilla correspondiente. **(Fig. 6- 8)**

Con esta información debe efectuar los cálculos de performance correspondientes a su aeronave. Se puede determinar si la aeronave puede cumplir con los requisitos determinados para esa determinada salida instrumentos.

Otra manera de calcular la gradiente es considerando las restricciones de altura versus la distancia a recorrer.

Para facilitar este cálculo, la DGAC publica tablas orientadas a entregar y / o confirmar los resultados obtenidos por las tripulaciones que requieren esta información. **(Fig. 6- 9)**

Ejemplo: La salida desde SCDA Pumol 1 RWY 01 **(Fig. 6- 8)** indica que debe cruzar sobre el VOR IQQ una altitud mínima de 3000 pies, considerando un día estándar podremos determinar:

Altura a ascender desde SCDA a IQQ = Altitud de IQQ - Elevación del aeródromo.

Altura a ascender = 3.000’ – 156’ = 2.844 pies

Distancia a recorrer desde SCDA hasta VOR IQQ = 9 MN.
Razón ascenso mínima = Altitud / Distancia.
Razón ascenso mínima = 2.844’ / 9 MN = 316’ x MN ≈ 320’ x MN.
Gradiente = Razón ascenso pies x MN / 60
Gradiente = 320 / 60 = 5,3%

Interpolando podemos obtener los valores de la tabla publicada por la DGAC **(Fig. 6- 9)** en la cual debemos verificar la razón de ascenso ya sea por gradiente o el ascenso en pies por minuto considerando la Velocidad Terrestre (VT).

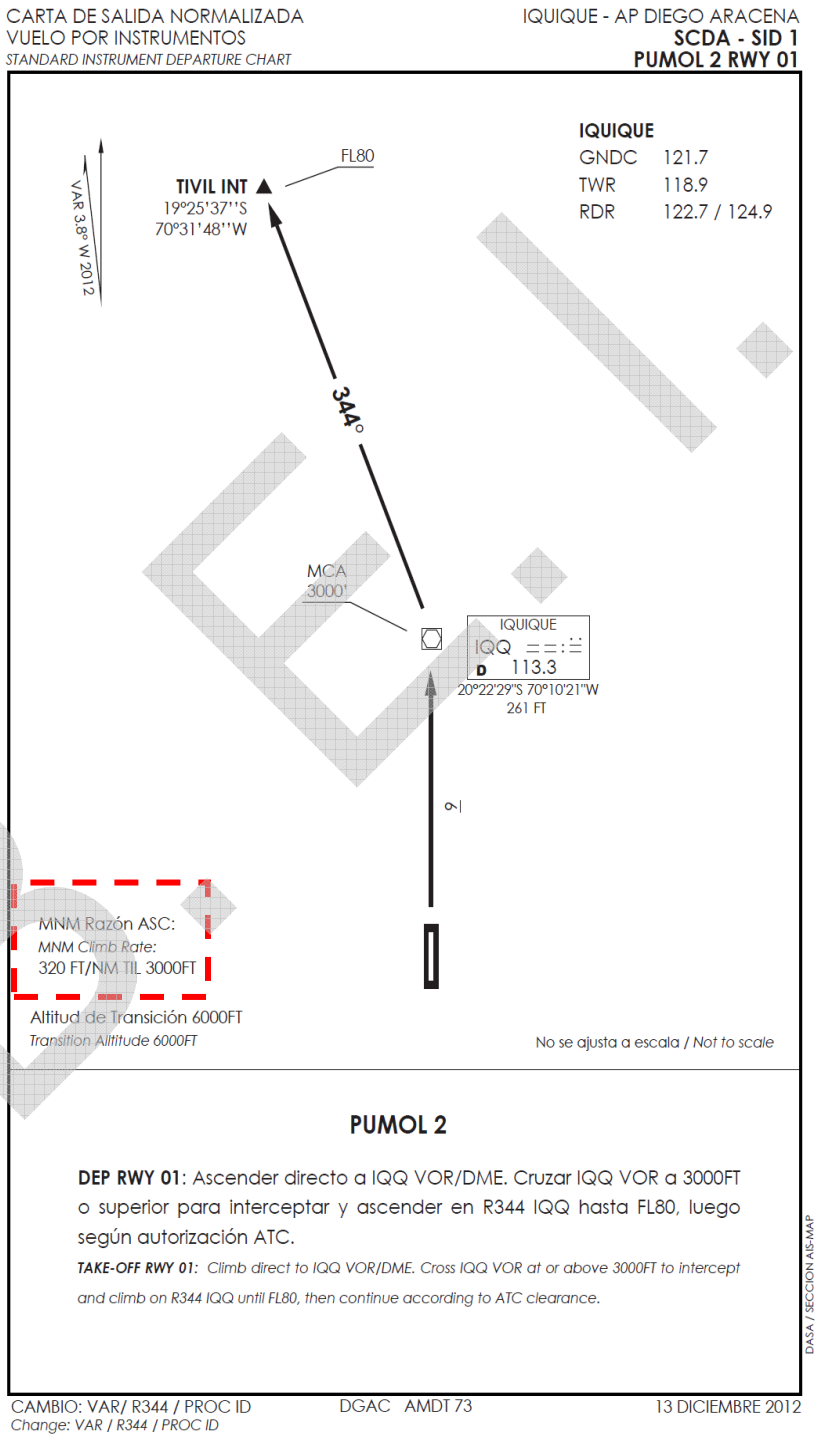
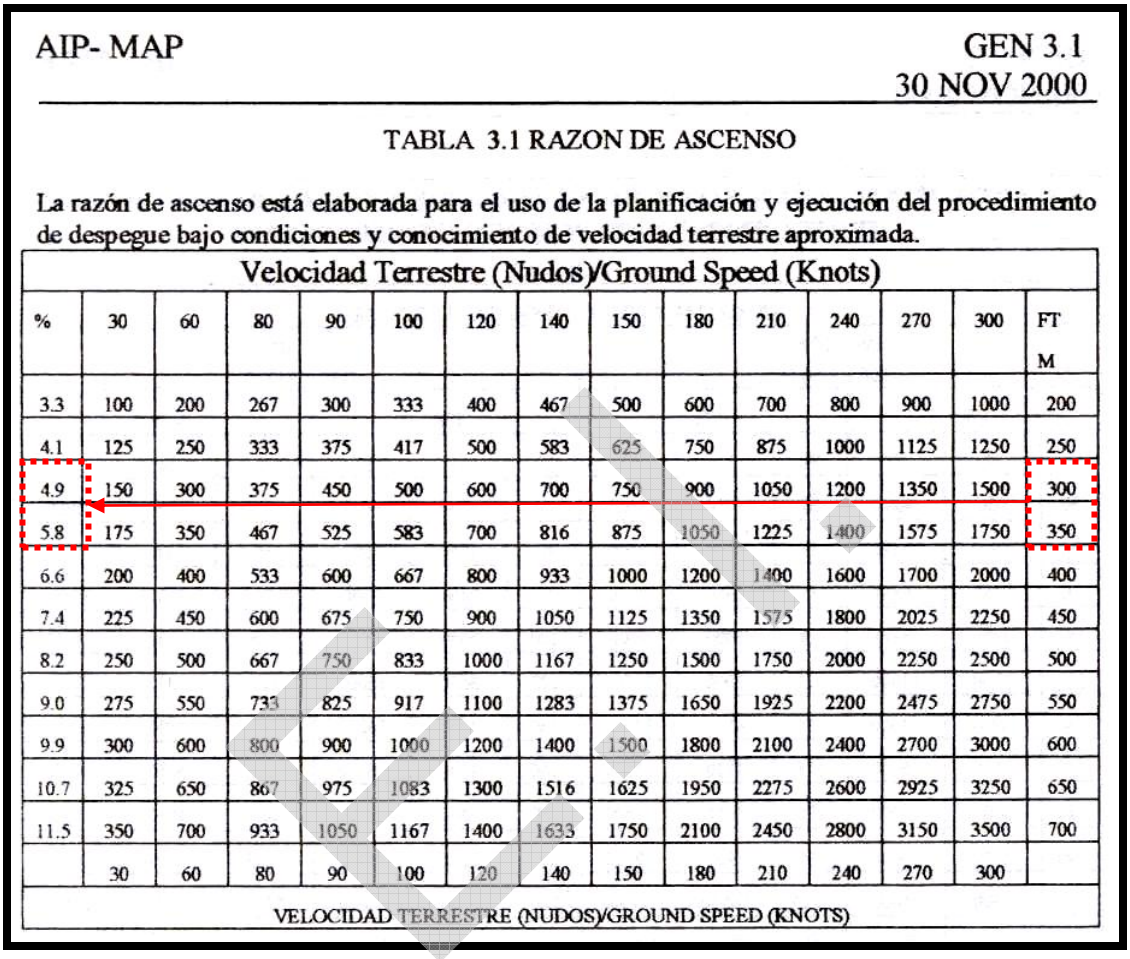


Figura 6-8



AIP- MAP GEN 3.1
30 NOV 2000

TABLA 3.1 RAZON DE ASCENSO

La razón de ascenso está elaborada para el uso de la planificación y ejecución del procedimiento de despegue bajo condiciones y conocimiento de velocidad terrestre aproximada.

Velocidad Terrestre (Nudos)/Ground Speed (Knots)														
%	30	60	80	90	100	120	140	150	180	210	240	270	300	FT M
3.3	100	200	267	300	333	400	467	500	600	700	800	900	1000	200
4.1	125	250	333	375	417	500	583	625	750	875	1000	1125	1250	250
4.9	150	300	375	450	500	600	700	750	900	1050	1200	1350	1500	300
5.8	175	350	467	525	583	700	816	875	1050	1225	1400	1575	1750	350
6.6	200	400	533	600	667	800	933	1000	1200	1400	1600	1700	2000	400
7.4	225	450	600	675	750	900	1050	1125	1350	1575	1800	2025	2250	450
8.2	250	500	667	750	833	1000	1167	1250	1500	1750	2000	2250	2500	500
9.0	275	550	733	825	917	1100	1283	1375	1650	1925	2200	2475	2750	550
9.9	300	600	800	900	1000	1200	1400	1500	1800	2100	2400	2700	3000	600
10.7	325	650	867	975	1083	1300	1516	1625	1950	2275	2600	2925	3250	650
11.5	350	700	933	1050	1167	1400	1633	1750	2100	2450	2800	3150	3500	700
	30	60	80	90	100	120	140	150	180	210	240	270	300	

VELOCIDAD TERRESTRE (NUDOS)/GROUND SPEED (KNOTS)

Figura 6-9

6.9.2.7Autorización Enmendada.

Posterior a haber recibido la autorización correspondiente para el vuelo, ATC puede, en cualquier momento, cambiar la altitud o nivel de vuelo autorizado.

El elemento importante a recalcar es que la última altitud o nivel de vuelo autorizado, siempre tiene prioridad sobre las otras, incluso sobre la SID publicada.

Por otro lado, si el controlador lo requiere, puede establecer restricciones de altitudes o niveles de vuelo de cruce que difieren de las publicadas en la SID.

PRECAUCIÓN: Siempre que existan cambios a un SID, pilotos y controladores deben estar atentos al riesgo de malentendidos o interpretaciones erróneas de las comunicaciones. Si existe cualquier duda al respecto, solicite confirmar las instrucciones con el controlador de tránsito aéreo.

6.9.3 Salidas por Radar

Antes de describir este tipo de procedimiento, es importante recordar el concepto “en contacto radar”. Lo que esta frase significa es que el controlador tiene a la aeronave en pantalla y lo puede identificar. Lo que esta frase no significa es que el controlador tiene ahora la responsabilidad de brindar separación con obstáculos o el terreno.

El término “en contacto radar”, cuando es usado por un controlador durante una salida, no quita al piloto la responsabilidad de mantener una separación con obstáculos y terreno apropiados. La separación con obstáculos y terreno comienza a ser responsabilidad del controlador una vez que éste comienza a entregar guía de navegación en la forma de vectores radar.

De acuerdo a lo indicado en el párrafo anterior, nunca el ATC es el único responsable por la separación obstáculos / terreno. En otras palabras, el ATC comienza a “compartir” responsabilidad de separación con obstáculos y el terreno cuando el controlador comienza a entregar guía de navegación en condiciones VMC. En condiciones IMC, la responsabilidad será de ATC.

Observe los rumbos, altitudes o niveles de vuelo y el punto al cual está autorizado por parte del controlador. Si le cabe alguna duda respecto a alguna instrucción, consulte nuevamente. De no ser posible cumplir alguna restricción de altitud es necesario que el piloto comunique esta situación al controlador.

Aunque en una salida radar se debe considerar volar vectores, puede ocurrir que el controlador en la torre asigne un rumbo y una altitud a seguir para posteriormente comenzar el vuelo por vectores correspondiente con el centro de control.

No es aconsejable efectuar una salida en IMC sin contar con una salida IFR publicada, o con servicio de Radar. Esto es especialmente aplicable cuando se encuentren terrenos altos en las inmediaciones del aeropuerto o aeródromo.

6.10 PROCEDIMIENTOS DE RUTA

Para determinar una ruta entre dos aeropuertos o aeródromos, utilice las cartas de aerovías superiores o inferiores según corresponda al nivel de vuelo que va a utilizar. Considere además el tipo de radioayudas existentes.

Estudie los MEA, MCA, MRA, COP y cualquier otra información relevante de las aerovías a utilizar. Verifique los Fix's (intersecciones) y las distancias entre éstos y las radioayudas. Recuerde que todas las distancias aparecen en millas náuticas y los cursos como rumbos magnéticos.

6.10.1 Definiciones

6.10.1.1 Altitud Mínima en Ruta (MEA).

Aparecen como niveles de vuelo en las aerovías y son los niveles más bajos utilizables entre radioayudas o intersecciones. Estos niveles aseguran un Margen Mínimo de franqueamiento de Obstáculos (MOCA) de a lo menos 2000 pies en un ancho de ± 5 MN del eje nominal de la aerovía. **(Fig. 6-10)**

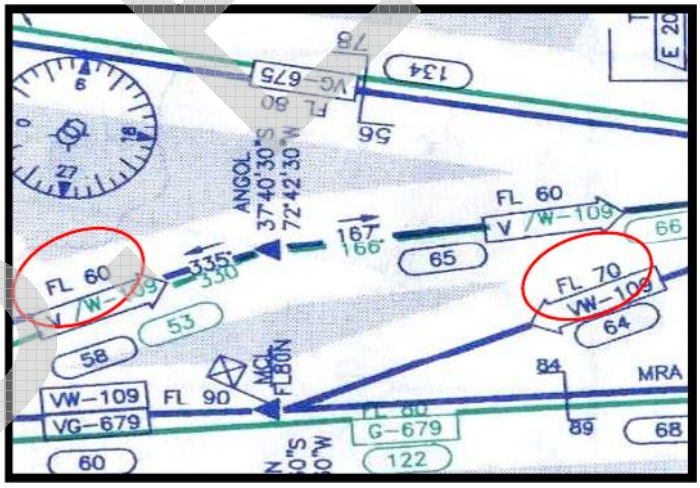


Figura 6-10

6.10.1.2 Altitud o Nivel de Vuelo Mínimo de Cruce (MCA-MCL).

Altitud o nivel de vuelo más bajo, al cual una aeronave debe cruzar en ciertos puntos (Fixes) o radio ayudas, para cumplir con los requisitos de franqueamiento de obstáculos o recepción de radioayudas para esa ruta en particular. **(Fig. 6- 11 / 12)**

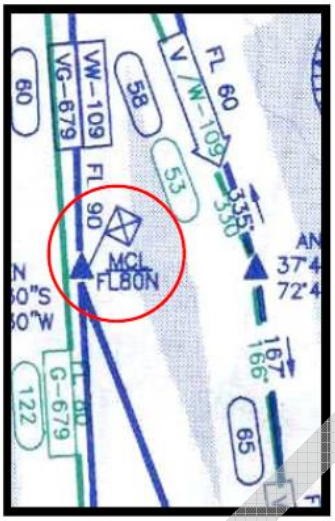


Figura 6-11

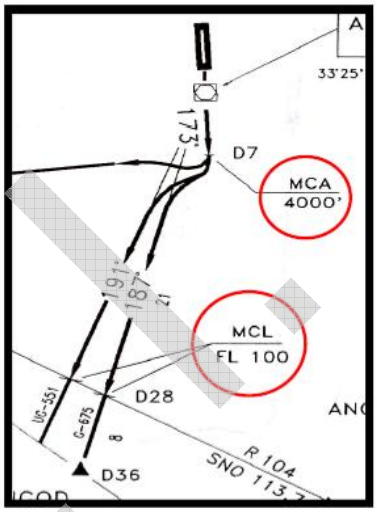


Figura 6-12

6.10.1.3 Altitud Mínima de Recepción (MRA).

Es el nivel mas bajo especificado, sobre el cual asegura una recepción positiva de las radioayudas contiguas en la aerovía. **(Fig. 6- 13)**

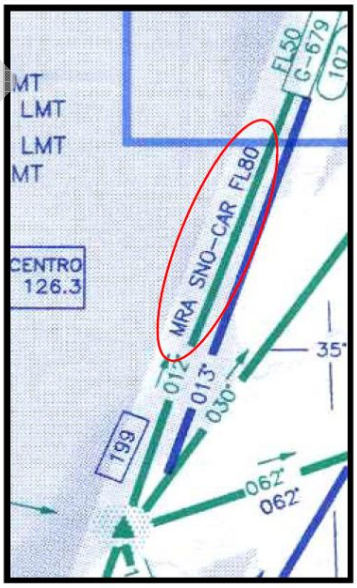


Figura 6-13

B.E.I.

6.10.1.4 Punto de Cambio de Radioayuda (COP).

Es el punto entre dos radioayudas, en el cual se debe efectuar el cambio de una frecuencia a otra. Este punto se especifica en las cartas de ruta cuando este cambio no coincide con la distancia media entre las dos estaciones. Su finalidad es prevenir la interferencia de frecuencias de otras radioayudas. **(Fig. 6- 14)**

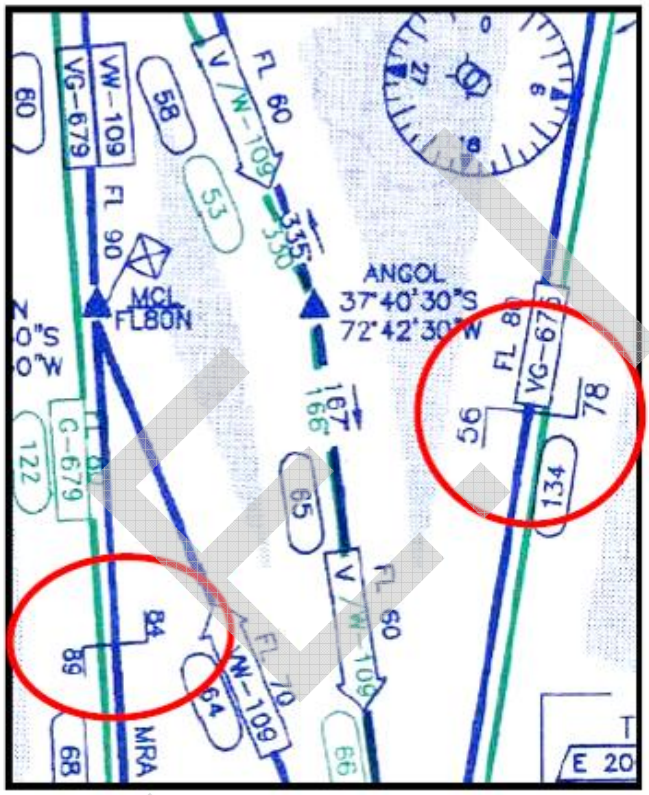


Figura 6-14

6.10.1.5 Simbología de Cartas y Áreas Terminales

Para saber la simbología de Cartas y Áreas Terminales, deberá referirse al AIP Volumen II.

6.10.2 Selección del Nivel de Vuelo

Considere la meteorología, los vientos de altura en la ruta y consumo de combustible. Verifique que el nivel de vuelo escogido sea el apropiado para vuelos IFR, que se encuentre a o sobre el MEA de la aerovía, que existan vientos favorables y que preferentemente, no se prevea formación de hielo ni turbulencia.

6.10.3 Comunicaciones

Revise las frecuencias a utilizar durante toda la navegación y repase la secuencia lógica de aquellas que va a ocupar. Esto es importante ya que le permitirá no perder tiempo en vuelo realizando chequeos que pudieron haber sido planificados en tierra.

6.10.3.1 Reportes de Posición.

Se le pedirá que ejecute reportes de posición, los que deberá realizar, siguiendo la siguiente secuencia:

- Identificación de la Aeronave.
- Posición que está reportando.
- Hora UTC sobre dicha posición.
- Nivel de Vuelo o altitud.
- Hora UTC estimada próximo punto.
- Nombre del punto subsiguiente.

Estos reportes son obligatorios en los puntos indicados con un triángulo relleno (▲) en las cartas de aerovías, a no ser que ATC lo libere de dicha obligación y/o se encuentre en contacto radar. En los puntos de reporte marcados con un triángulo vacío (∆) se realizará la llamada sólo si el ATC lo solicita.

6.10.3.2 Reportes Adicionales.

Además de los reportes anteriores, los siguientes son los llamados normales que el ATC espera recibir:

- Cuando se abandona una altitud o nivel de vuelo.
- Al iniciar una aproximación.
- Al realizar una aproximación frustrada para solicitar instrucciones o pedir autorización para una acción específica.

Los siguientes no son necesarios si se encuentra bajo cobertura radar con ATC:

- Hora y altitud o nivel de vuelo en que se alcanza un fix de espera (circuito) o punto al que fue autorizado.
- Dejando un circuito de espera o punto asignado.
- Corrección de la estimada a un fix cuando ésta cambia más de 2 minutos.

B.E.I.

6.11 DESCENSO Y ARRIBO A UN TERMINAL AÉREO.

6.11.1 Planificación del Descenso y Aproximación

Los procedimientos ATC y el trabajo requerido en la cabina varían dependiendo de las condiciones meteorológicas, densidad de tráficos, equipamiento del avión y la disponibilidad de servicio radar.

Cuando vaya a aterrizar en aeropuertos o aeródromos controlados y con más de un procedimiento de aproximación publicado, usted será informado con anterioridad sobre el tipo de aproximación que deberá planificar. La información sobre la pista en uso podrá ser obtenida desde la frecuencia ATIS o indicada por el controlador.

El propósito de esta información es ayudarlo a planificar los procedimientos necesarios para aproximar; sin embargo, esta autorización puede sufrir variaciones por fenómenos meteorológicos, cambios de vientos, pista bloqueada, etc. Es importante recalcar que debe informar al ATC inmediatamente si usted tiene algún problema para realizar el procedimiento asignado o si prefiere realizar otro.

Una vez que usted ha sido informado por ATC sobre que tipo aproximación va a realizar, deberá planificar su descenso de tal manera de llegar al punto de inicio de la aproximación (IAF) o ruta de transición a la altitud correspondiente.

Cuando se encuentre volando una ruta de transición, siempre mantenga la última altitud o nivel de vuelo que le fue asignado hasta recibir autorización para la aproximación. Usted puede también pedir al ATC un nivel inferior de tal manera de adaptar en mejor forma su transición al procedimiento de aproximación.

Cuando el ATC usa la frase “a discreción de piloto” en la información de altitud en una autorización, usted tiene la opción de descender a cualquier razón y puede nivelar temporalmente a cualquier altitud intermedia. Sin embargo, cuando deja libre un nivel o altitud usted no puede volver a ésta.

El descenso se debe realizar a una razón óptima dependiendo de las características de su avión hasta 1000 pies sobre la altitud a que fue asignado. Posteriormente ejecute un descenso con 500 a 1500 pies por minuto hasta alcanzar su altitud.

Para calcular su anticipo, puede usar la fórmula de descenso que obtuvo desde sus tablas de performance o, lo más conveniente, planificar de acuerdo a la razón de descenso que mantendrá versus su velocidad terrestre en MN x Minuto.

BETA

Ejemplo: Si debe descender de 23.000 pies a 3.000 pies con 2000 pies por minuto le tomará 10 minutos llegar al nivel asignado. Si su VT es de 240 kts (4 millas por minuto), entonces deberá iniciar el descenso 40 millas antes del fix asignado.

6.11.2 Rutas de arribo estándar a un terminal (STARs).

Estas cartas de llegada normalizada vuelo por instrumentos, consisten en rutas determinadas y su objetivo es simplificar los procedimientos y autorizaciones para aviones arribando en áreas de alta densidad de tráficos. **(Fig. 6- 15)**

Si el aeropuerto de destino cuenta con una STAR publicada, usted será autorizado a aproximar por medio de ésta cuando el ATC lo estime conveniente. Por lo tanto, es de responsabilidad del piloto el tener la cartilla vigente correspondiente. Es responsabilidad del piloto aceptar o rechazar una STAR asignada. Si usted acepta una STAR, está obligado a cumplir las instrucciones que contenga.

Las líneas más oscuras en la cartilla representan el procedimiento. El resto son las rutas de transición.

La descripción de la llegada primeramente indica las rutas de transición y posteriormente la STAR propiamente tal. Al final de la descripción, le será indicado esperar algún tipo de aproximación o vectores radar. Si aparece alguna aproximación listada, no significa que usted está obligado a volarla sino que puede solicitar otro tipo.

El punto final del procedimiento es el límite de la autorización. Una autorización para una STAR “NO ES UNA AUTORIZACIÓN PARA UNA APROXIMACIÓN”.

En el evento de pérdida de comunicaciones, una vez que alcance el límite de la STAR usted está autorizado para realizar cualquier procedimiento de aproximación.

En algunos aeropuertos pueden existir procedimientos de arribo RNAV, los cuales pueden ser volados sólo por aviones que cuenten con este equipo y el procedimiento en su base de datos.

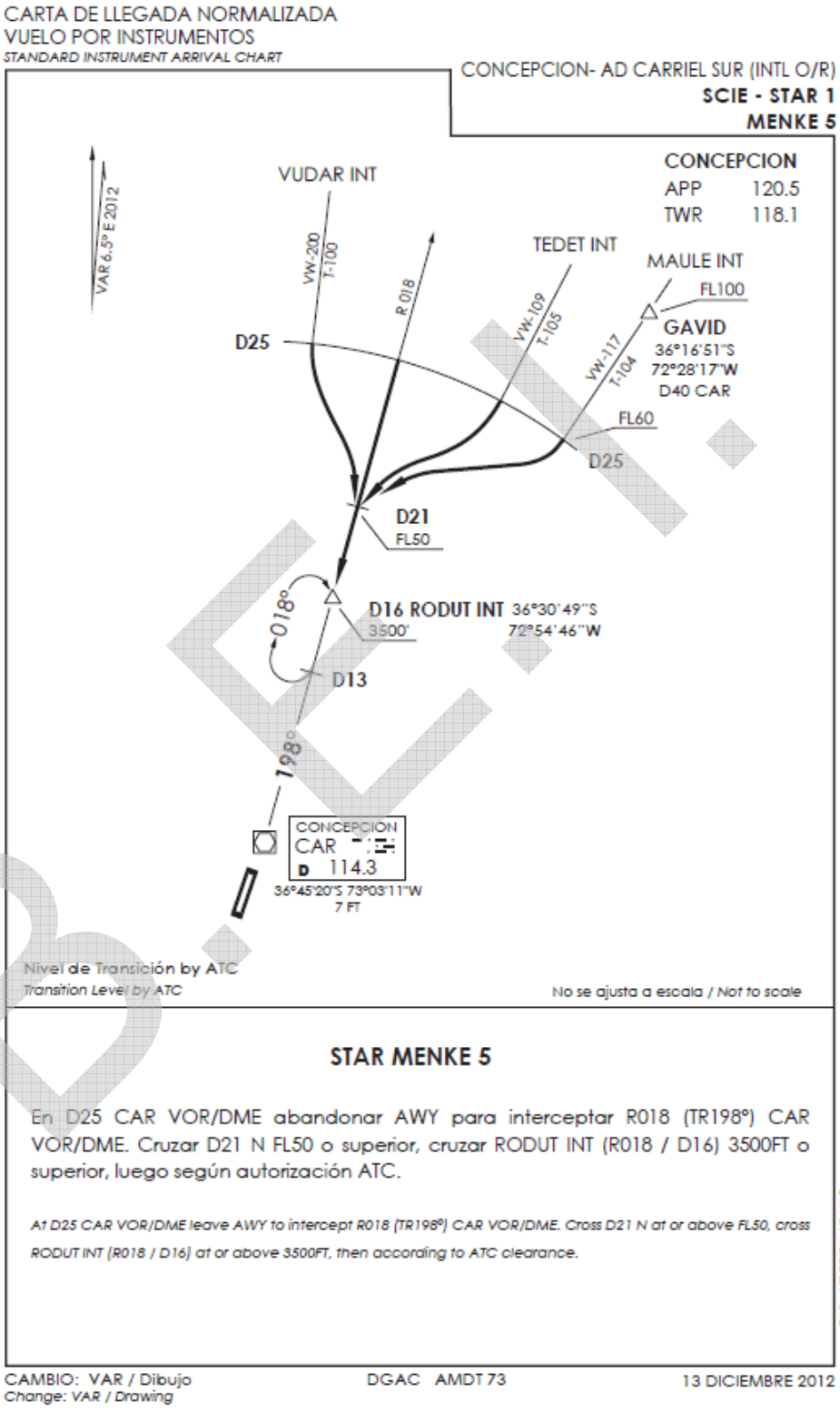

CARTA DE LLEGADA NORMALIZADA
VUELO POR INSTRUMENTOS
STANDARD INSTRUMENT ARRIVAL CHART
CONCEPCION- AD CARRIEL SUR (INTL O/R)
SCIE - STAR 1
MENKE 5
CONCEPCION
APP 120.5
TWR 118.1
VAR 6.5° E 2012
VUDAR INT
VW-200
T-100
R 018
TEDET INT
VW-109
T-105
MAULE INT
FL100
GAVID
36°16'51"S
72°28'17"W
D40 CAR
VW-117
T-104
FL60
D25
D25
D21
FL50
018°
D16 RODUT INT 36°30'49"S
3500' 72°54'46"W
D13
198°
CONCEPCION
CAR
D 114.3
36°45'20"S 73°03'11"W
7 FT
Nivel de Transición by ATC
Transition Level by ATC
No se ajusta a escala / Not to scale
STAR MENKE 5
En D25 CAR VOR/DME abandonar AWY para interceptar R018 (TR198°) CAR VOR/DME. Cruzar D21 N FL50 o superior, cruzar RODUT INT (R018 / D16) 3500FT o superior, luego según autorización ATC.
At D25 CAR VOR/DME leave AWY to intercept R018 (TR198°) CAR VOR/DME. Cross D21 N at or above FL50, cross RODUT INT (R018 / D16) at or above 3500FT, then according to ATC clearance.
DASA / SECCION AIS-MAP
CAMBIO: VAR / Dibujo
Change: VAR / Drawing
DGAC AMDT 73
13 DICIEMBRE 2012

Figura 6-15

6.12 CIRCUITO DE ESPERA.

Dependiendo del tráfico o condiciones meteorológicas, mantener en un circuito de espera puede ser necesario. Consiste en una maniobra predeterminada que mantiene al avión dentro de un espacio aéreo específico mientras espera por una futura autorización desde el ATC o permite al piloto preparar su aeronave para la aproximación instrumentos.

Un circuito estándar se ejecuta con virajes por la derecha mientras uno no-estándar se ejecuta con virajes por la izquierda.

Cuando una aeronave está autorizada a un punto distinto del aeropuerto o aeródromo de destino y se espera demora, es responsabilidad del controlador ATC entregar instrucciones completas de circuito de espera (si es que no está publicado en las cartas), tiempo de alejamiento y su estimada de cualquier demora adicional en la ruta o área terminal.

Si el circuito de espera se encuentra publicado y el ATC no entrega instrucciones detalladas, el piloto deberá mantener de acuerdo a lo publicado. Si así lo requiere, el piloto puede solicitar al controlador las instrucciones específicas de mantención.

El circuito de espera normal sin viento, se vuela siguiendo un curso específico de espera en acercamiento hacia el punto de espera, virando a la derecha 180º (circuito estándar), tomando un rumbo de alejamiento en paralelo al curso de espera y haciendo otro viraje de 180º hacia la derecha, para interceptar y seguir el curso de espera hacia el punto de referencia. A menos que ATC instruya otra cosa, los pilotos deberán mantener un circuito de espera Estándar o No Estándar, según lo publicado. **(Fig. 6- 16)**

Esté atento si un controlador lo autoriza a mantener en un circuito determinado sobre un fix que puede tener más de un circuito publicado. Siempre pregunte por instrucciones más claras de mantención si tiene alguna duda.

Los circuitos de espera son una herramienta que posee el sistema de control de tránsito aéreo para separar el tráfico, cuando no se cuenta con el apoyo de radar, y no necesariamente son exclusivas de las aproximaciones. **(Fig. 6- 17 / 18)**

B.F.T.

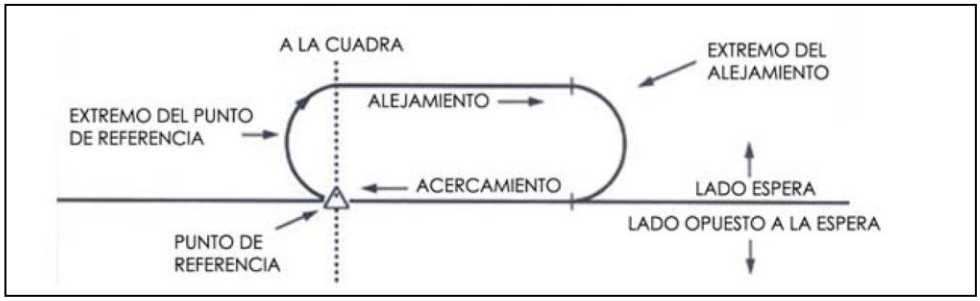


Figura 6-16

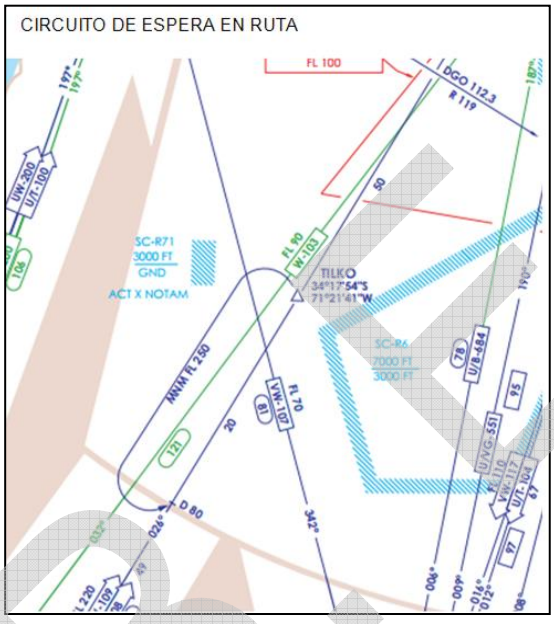


Figura 6-17

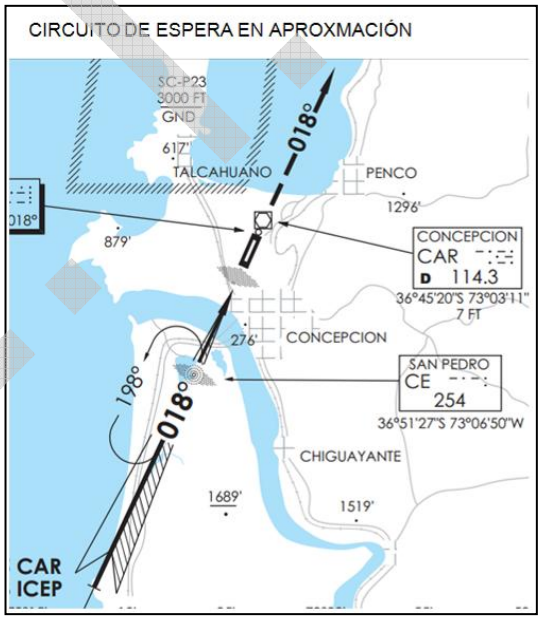


Figura 6-18

6.12.1 Ingreso a un Circuito de Espera

Cuando se ha sido autorizado para mantener un Circuito de Espera, notificará “en procedimiento de ingreso al Circuito de espera”, cada vez que ingrese al mismo utilizando el procedimiento de Paralelo o Gota de agua. Al efectuar la segunda pasada sobre la radio ayuda, se considera “en circuito de espera” y en caso que ATC consulte su posición se le deberá notificar de acuerdo a lo señalado anteriormente.

Si su ingreso lo efectúa en forma Directa, notifique “ingresando al C.E.”, al dar por pasada la estación o fix.

ATC podrá dar a solicitud, la siguiente información al momento de dar instrucciones para ingresar al circuito de espera:

- Dirección del circuito desde la radioayuda o punto de referencia.
- Radioayuda del punto de espera.
- Curso, aerovía o ruta en la cual el avión debe esperar.
- Viraje a la izquierda si no ha de usarse un circuito estándar.

6.12.2 Velocidades en el circuito de Espera.

Cuando se encuentra ingresando a un circuito de espera, ATC considera que el avión se establecerá en velocidad de circuito dentro de los 3 minutos siguientes al ingreso del mismo.

Las velocidades apropiadas para cada avión, están especificadas en el manual de vuelo respectivo. Consulte las velocidades máximas permitidas de acuerdo al nivel que vuela en el AIP Vol. II **(Figura 6-19)**.

Hélice	**Velocidades aerodinámicas indicadas en nudos (KIAS)**
HELICE (todas incluyendo turbohélice)	175 KIAS
Reactores	**Velocidades aerodinámicas indicadas en nudos (KIAS)**
MHA hasta 6.000 FT	200 KIAS
6.001 FT hasta FL 140	230 KIAS
sobre FL 140	265 KIAS

Figura 6-19

Por regla general, las aeronaves que se encuentran en Circuito de Espera para iniciar una aproximación instrumentos deberán mantener una velocidad que permita tener la configuración que corresponda, para iniciar el descenso.

6.12.3 Procedimiento de Ingreso.

La entrada en el circuito de espera se efectuará según el rumbo de alejamiento del circuito, el que deberá ser ubicado dentro de uno de los tres sectores de entrada que aparecen en la siguiente figura, admitiendo una zona de flexibilidad de 5º a cada lado de los límites de sector. **(Fig. 6- 20)**

En el caso de espera en intersecciones VOR o puntos de referencias VOR/DME, las entradas se limitarán a los radiales o arcos DME que constituyen el punto, según sea apropiado.

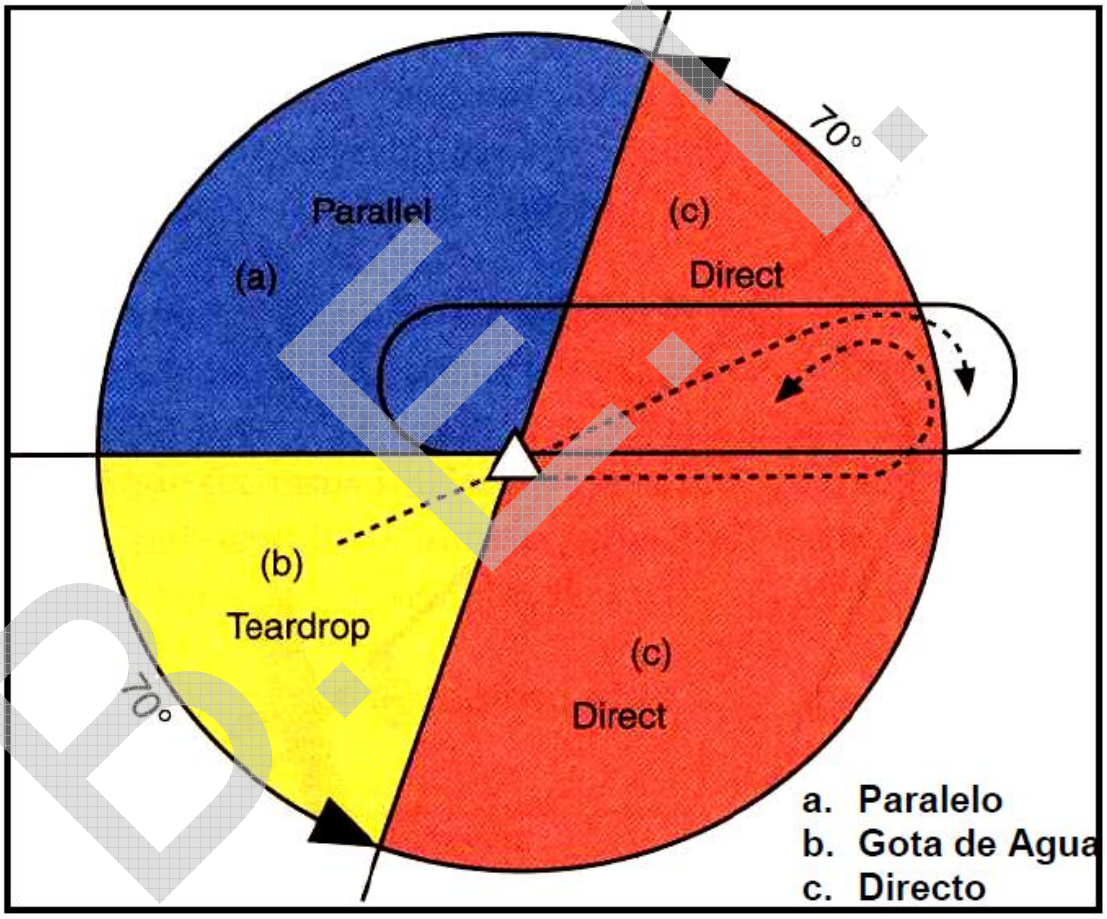


Figura 6-120

La maniobra de entrada al circuito de espera tiene un objetivo muy importante, el cual es tratar de situar la aeronave, lo antes posible, del “lado de la espera”, ya que es la zona de espacio aéreo protegido con mayor distancia respecto a los obstáculos.

Una vez que se visualiza el rumbo de llegada al punto de referencia, se verifica en qué posición está el rumbo de alejamiento del circuito de espera y, de acuerdo a la ubicación de éste, se ingresará, ya sea en: **(Fig. 6- 21)**

a. Paralelo
b. Gota de Agua
c. Directo

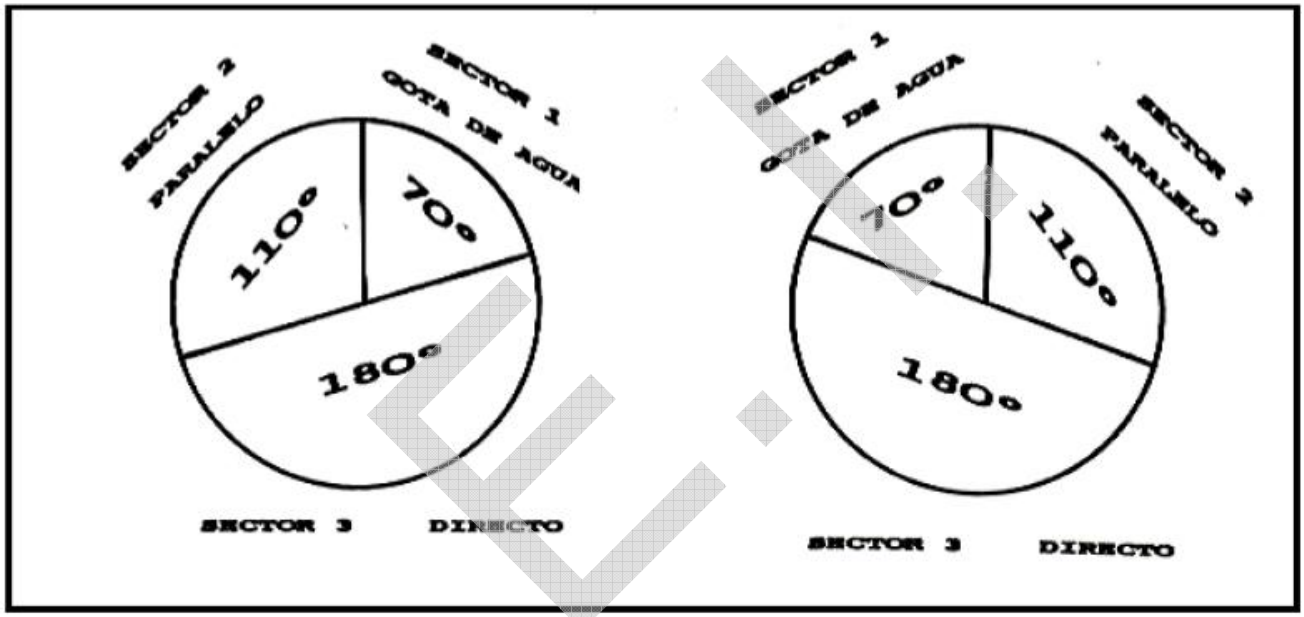


Figura 6-21

6.12.3.1 Procedimiento de ingreso para el sector 1 (Gota de Agua)

- Ubicar el rumbo de alejamiento del circuito de espera en la carátula del RMI.
- Determinar el rumbo a virar una vez alcanzado el punto de referencia.
- Para un circuito estándar, restar 30º al rumbo de alejamiento del circuito de espera.
- Para un circuito no estándar, sumar 30º al rumbo de alejamiento del circuito de espera.
- Una vez alcanzado el punto de referencia, la aeronave virará para seguir una derrota que forme un ángulo de 30º o menos, con la trayectoria de acercamiento en el lado de espera.

- El tiempo de alejamiento se comenzará a cronometrar una vez pasada la estación.
- El tramo de alejamiento se volará interceptando, por lo que debe cambiar el selector de curso del HSI al rumbo de la gota.
- Una vez cumplido el período de tiempo virará por el lado publicado.

NOTA: Es recomendable tener planificado en cada aproximación el rumbo de la gota.

6.12.3.2 Procedimiento de ingreso para el sector 2 (Paralelo).

Una vez alcanzado el punto de referencia, la aeronave virará al rumbo de alejamiento y se tomará tiempo con las alas niveladas y la aguja (ADF o VOR), en la indicación de punta de ala. Si la punta de la aguja ha pasado la indicación de punta de ala, se tomará tiempo con las alas niveladas.

El viraje deberá ser regulado dependiendo de la cantidad de grados a virar hacia el tramo de alejamiento del procedimiento paralelo. Mientras más grados a virar, mayor será la inclinación que deberá colocar (incluso hasta 30 grados de inclinación alar), mientras que con menos cantidad de grados a virar, deberá colocar menos inclinación alar. Deberá considerar el viento, ya que también influirá en la inclinación alar del viraje.

Una vez cumplido el tiempo, virará por el mismo lado que efectuó el primer viraje al ingresar al circuito de espera o por el lado que indica la punta de la aguja, para interceptar la trayectoria de acercamiento o para regresar al punto de referencia.

Al llegar por segunda vez al punto de referencia, seguirá en el circuito de espera, virando por el lado publicado, esperando su autorización de aproximación.

6.12.3.3 Procedimiento de ingreso para el sector 3 (Directo).

Después de llegar al punto de referencia, la aeronave hará un viraje por el lado publicado hacia la trayectoria de alejamiento y seguirá en el circuito de espera.

B.E.I.

6.12.4 Control del Tiempo

El tiempo comienza a medirse en el tramo de alejamiento en la posición a la cuadra de la estación o al nivelar las alas, lo que ocurra último, una vez establecido en el circuito. Si entra en gota de agua, haga funcionar el cronómetro al dar por pasada la estación. **(Fig. 6- 22)**

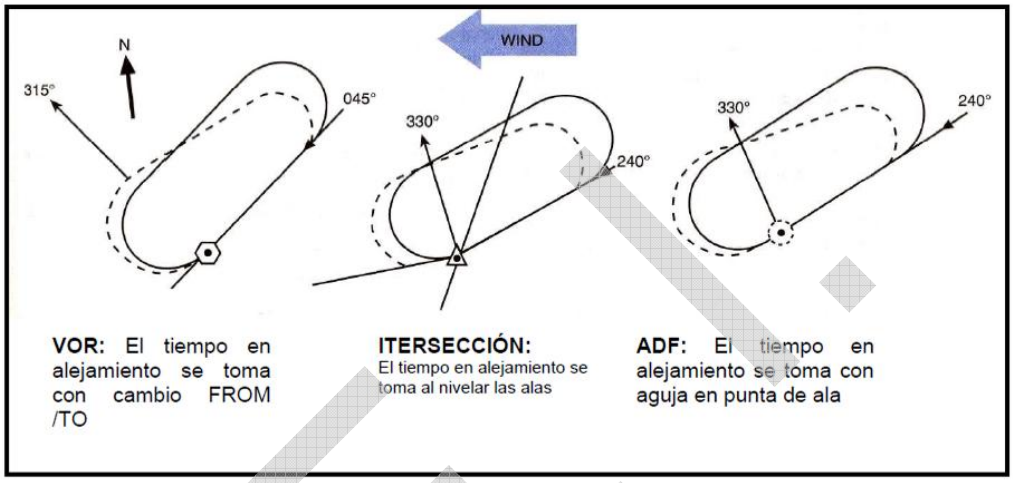


Figura 6-22

A o bajo 14.000 pies, no exceda 1 minuto en el primer tramo de alejamiento. Sobre los 14.000 pies, no exceda 1 ½ minutos en el primer tramo de alejamiento.

Después del primer circuito, ajuste el tiempo en alejamiento como sea necesario, para volar 1 minuto o 1 ½ minutos en el tramo de acercamiento (dependiendo de la altitud). **(Fig. 6- 23)**

Si le sobra tiempo en el tramo de acercamiento (espera 1 minuto), se divide por 2 y se resta (ese tiempo sobrante) del tramo de alejamiento.

Ejemplo: Ha estado en el primer acercamiento 1 min 20 seg. Tiempo en el alejamiento: 20:2 = 10 seg. / 60- 10= 50 seg.

Si le falta tiempo en el tramo de acercamiento (espera de 1 minuto), se multiplica por 2 y se suma (ese tiempo que falta) al tramo de alejamiento.

Ejemplo: Ha estado 50 seg. en acercamiento; mantendrá en alejamiento un tiempo de 60 - 50 = 10 seg. X 2 = 20 seg. En un total 1 min. 20 seg.

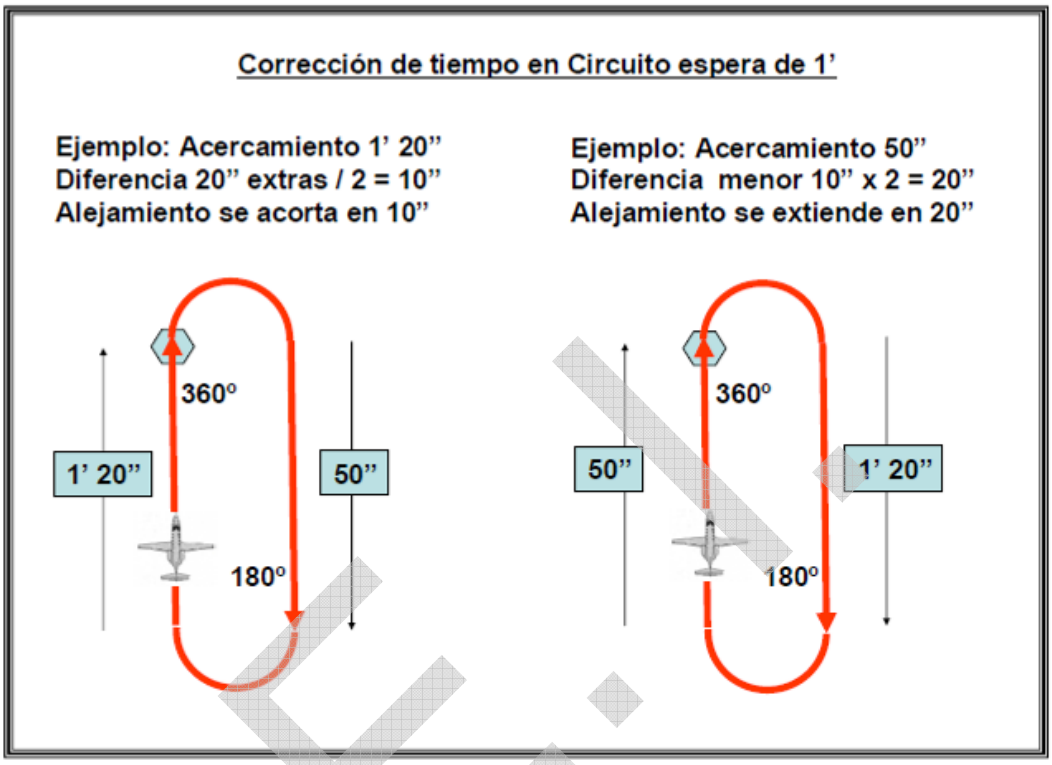


Figura 6-23

Acorte el circuito de espera como sea necesario, para cumplir con la hora prevista a la aproximación. El circuito debe planificarse a fin de llegar sobre la radioayuda en la hora prevista de aproximación.

6.12.5 Corrección de Viento Cruzado.

Será necesario realizar un cálculo de la deriva necesaria en el alejamiento para que al terminar el viraje de acercamiento, la aeronave quede establecida exactamente sobre el tramo de acercamiento.

El procedimiento más útil es el conocido como "doblar la deriva". Significa que, establecida una corrección de deriva exacta en el tramo de acercamiento, se deberá establecer un ángulo de corrección de deriva durante el tramo de alejamiento del doble a lo establecido durante el acercamiento pero en sentido contrario como lo muestra la siguiente figura. **(Fig. 6- 24)**

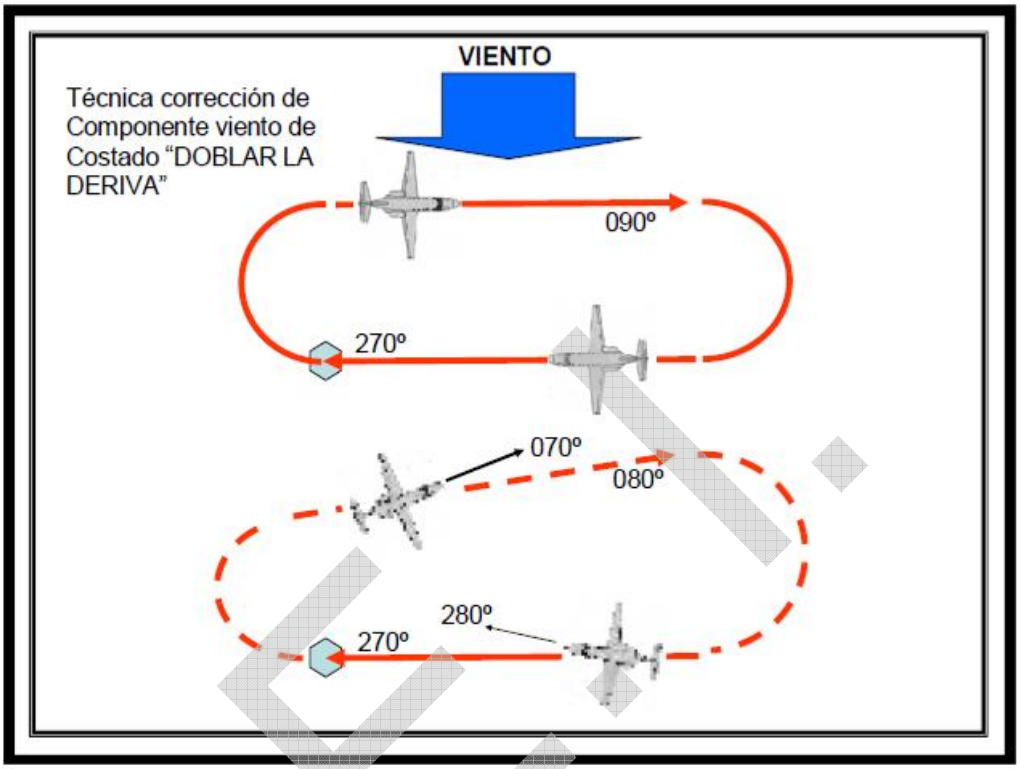


Figura 6-24

Durante el acercamiento en el primer ejemplo hemos conseguido establecer una corrección de deriva de 10º a la derecha por una componente de viento de costado Norte y esta corrección nos mantienen exactamente en el tramo de acercamiento. Por lo tanto, el procedimiento "doblar la deriva" establece que, al terminar el viraje de alejamiento, se establezca un rumbo del doble de la corrección de deriva, es decir, de 20º pero en sentido contrario. Luego el rumbo en alejamiento disminuirá (090º-20º = 070º).

En un primer análisis, esta maniobra parecerá extraña, ya que sería lógico establecer la misma corrección de deriva en ambos tramos. Un análisis más detallado, nos lleva a la conclusión de que el viento también afecta a los virajes. El de alejamiento será más cerrado y el de acercamiento será más abierto. El procedimiento de doblar la deriva corrige de una forma muy apropiada las distorsiones causadas por el viento a los virajes. **(Fig. 6- 25)**

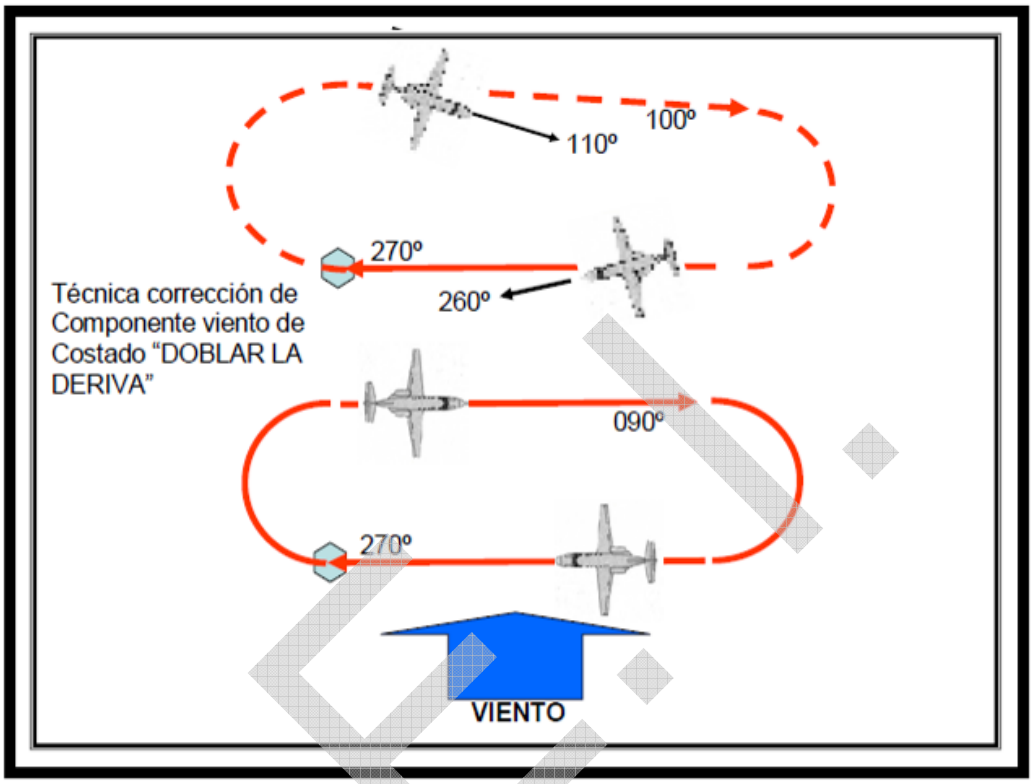


Figura 6-25

En el segundo ejemplo durante el acercamiento hemos conseguido establecer una corrección de deriva de 10º a la izquierda por una componente de viento de costado Sur y esta corrección nos mantienen exactamente en el tramo de acercamiento.

Por lo tanto, el procedimiento "doblar la deriva" establece que, al terminar el viraje de alejamiento, se establezca un rumbo del doble de la corrección de deriva, es decir, de 20º pero en sentido contrario. Luego el rumbo en alejamiento aumentará (090º+20º =110º).

6.13 APROXIMACIONES BAJAS.

6.13.1 Generalidades

Una de las fases importantes del vuelo por instrumentos es la aproximación que debe realizar una aeronave. La aproximación es una serie de maniobras destinadas a ubicar a la aeronave en una posición, tal

que le permita un aterrizaje seguro.

Existen varios tipos de aproximaciones, VOR, ADF, ILS, RNAV, etc. Todas son importantes y poseen distintos grados de complejidad, por lo que requieren de una planificación previa por parte del piloto antes de realizarla.

Todas las aproximaciones que se usan en Chile, son diseñadas, evaluadas y publicadas por la Dirección General de Aeronáutica Civil (D.G.A.C.), organismo dependiente de la Fuerza Aérea de Chile. El AIP- CHILE Volumen II, reúne toda la información necesaria para las diferentes aproximaciones. Cada piloto de la Fuerza Aérea de Chile debe contar con las cartas de aproximaciones al día.

ADVERTENCIA: Es responsabilidad de cada piloto mantener sus Publicaciones Instrumentales vigentes.

Recomendaciones:

- Prepare sus cartas con información útil, de modo que no necesite estar haciendo cálculos durante el vuelo.
- Determine el Curso de la Gota para todas las aproximaciones vigentes.
- Calcule y marque la Ruta de descenso que deberá mantener con su avión, y si le es práctico, anote también la potencia a mantener.

6.13.2 Descripción de una Aproximación

En la figura siguiente, tenemos una aproximación baja típica. Para poder realizar la aproximación se debe planificar en su totalidad y para ello se debe entender el significado de los contenidos que figuran en una cartilla de Aproximación. En las páginas siguientes, se analizará en detalle la cara frontal de la cartilla de aproximación y posteriormente el reverso de la misma. **(Fig. 6- 26)**

B.E.I.

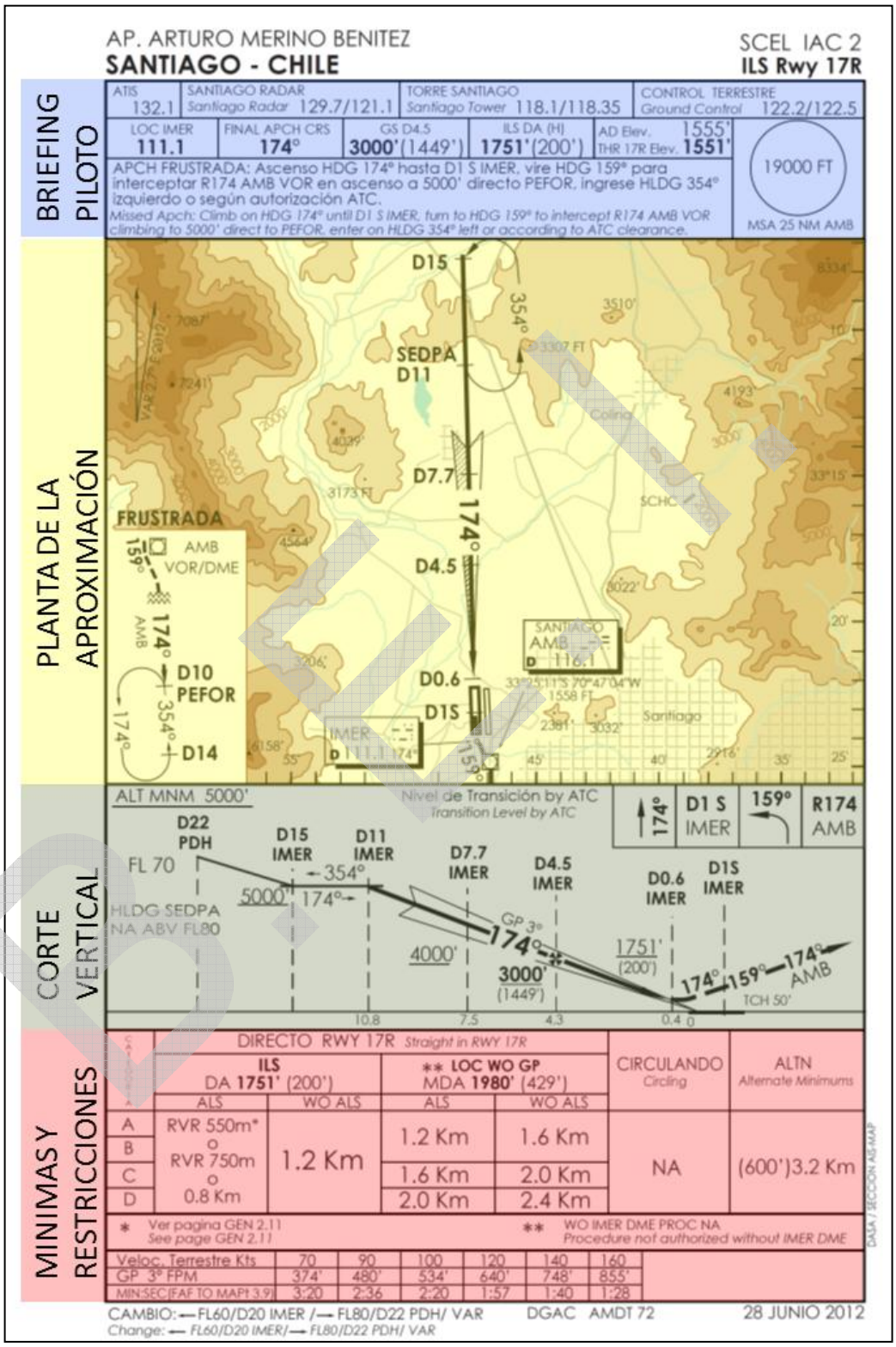

AP. ARTURO MERINO BENITEZ
SANTIAGO - CHILE
SCEL IAC 2
ILS Rwy 17R
BRIEFING PILOTO
ATIS 132.1
SANTIAGO RADAR Santiago Radar 129.7/121.1
TORRE SANTIAGO Santiago Tower 118.1/118.35
CONTROL TERRESTRE Ground Control 122.2/122.5
LOC IMER 111.1
FINAL APCH CRS 174°
GS D4.5 3000'(1449')
ILS DA (H) 1751'(200')
AD Elev. 1555'
THR 17R Elev. 1551'
APCH FRUSTRADA: Ascenso HDG 174° hasta D1 S IMER, vire HDG 159° para interceptar R174 AMB VOR en ascenso a 5000' directo PEFOR, ingrese HLDG 354° izquierdo o según autorización ATC.
Missed Apch: Climb on HDG 174° until D1 S IMER, turn to HDG 159° to intercept R174 AMB VOR climbing to 5000' direct to PEFOR, enter on HLDG 354° left or according to ATC clearance.
19000 FT
MSA 25 NM AMB
PLANTA DE LA APROXIMACIÓN
D15
SEDPA
D11
D7.7
D4.5
D0.6
D1S
174°
354°
FRUSTRADA
AMB VOR/DME
D10 PEFOR
D14
SANTIAGO AMB 116.1
IMER 111.1
Santiago
CORTE VERTICAL
ALT MNM 5000'
Nivel de Transición by ATC
Transition Level by ATC
174° D1 S IMER 159° R174 AMB
D22 PDH
FL 70
HLDG SEDPA
NA ABV FL80
D15 IMER
D11 IMER
D7.7 IMER
D4.5 IMER
D0.6 IMER
D1S IMER
5000'
4000'
3000' (1449')
1751' (200')
GP 3°
TCH 50'
MINIMAS Y RESTRICCIONES
DIRECTO RWY 17R Straight in RWY 17R
ILS DA 1751' (200')
** LOC WO GP MDA 1980' (429')
CIRCULANDO Circling
ALTN Alternate Minimums
ALS
WO ALS
A
B
C
D
RVR 550m* o RVR 750m o 0.8 Km
1.2 Km
1.2 Km
1.6 Km
1.6 Km
2.0 Km
2.0 Km
2.4 Km
NA
(600')3.2 Km
* Ver pagina GEN 2.11 See page GEN 2.11
** WO IMER DME PROC NA Procedure not authorized without IMER DME
Veloc. Terrestre Kts 70 90 100 120 140 160
GP 3° FPM 374' 480' 534' 640' 748' 855'
MIN:SEC FAF TO MAPt 3.9 3:20 2:36 2:20 1:57 1:40 1:28
CAMBIO: — FL60/D20 IMER / — FL80/D22 PDH/ VAR
Change: — FL60/D20 IMER/ — FL80/D22 PDH/ VAR
DGAC AMDT 72
28 JUNIO 2012

Figura 6-26

6.13.2.1 Briefing Piloto. **(Fig. 6- 27)**

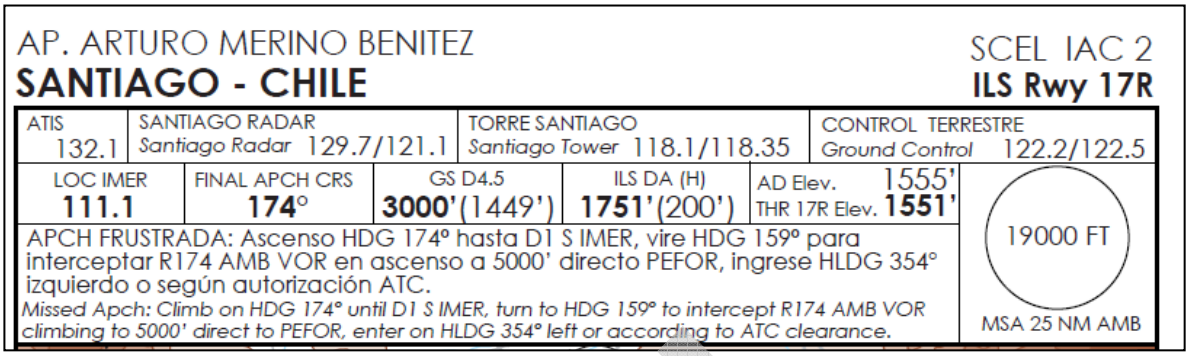


Figura 6-27

Se puede identificar también sobre el cuadro el nombre del aeropuerto, ciudad y país donde está ubicado, elevación, tipo de aproximación y pista. Si existen dos o más procedimientos distintos del mismo tipo (misma radioayuda), se asignará con una letra Z a la más precisa y las menos precisas con las letras que le anteceden del abecedario (Y, X, etc.) Ejemplo: VOR Z RWY 17.

NOTA: Las aproximaciones VOR y VOR/DME se consideran del mismo tipo. Para diferenciarlas encontrará un cuadro que dice “DME REQUERIDO”.

Posteriormente aparecen las frecuencias de los organismos de control involucrados en la ejecución de la APP, como así mismo la radio ayuda principal a usar. Además la información más relevante de la aproximación como curso final de aproximación, mínima del FAF y del MAPt (MDA o DA), elevación del aeródromo, mínima altitud de seguridad y la frustrada en texto claro.

6.13.2.2 Planta de la Aproximación. **(Fig. 6- 28)**

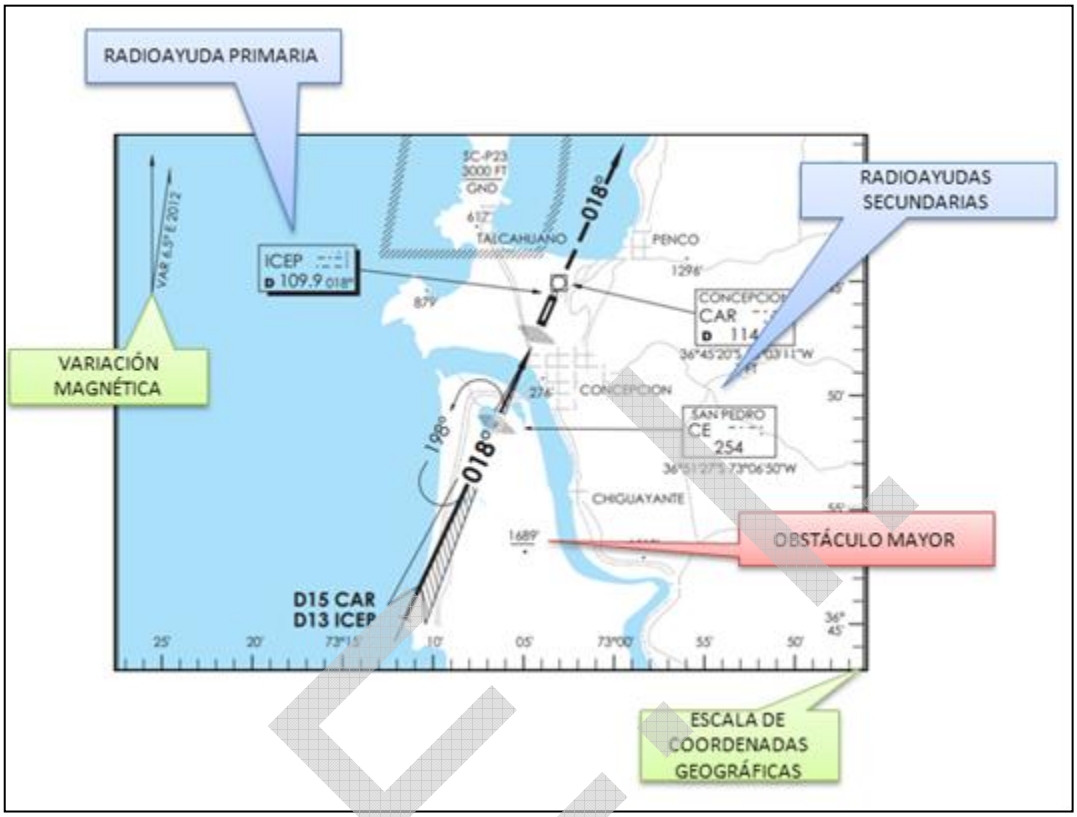


Fig. 6- 28

6.13.2.3 Corte Vertical. **(Fig. 6- 29)**

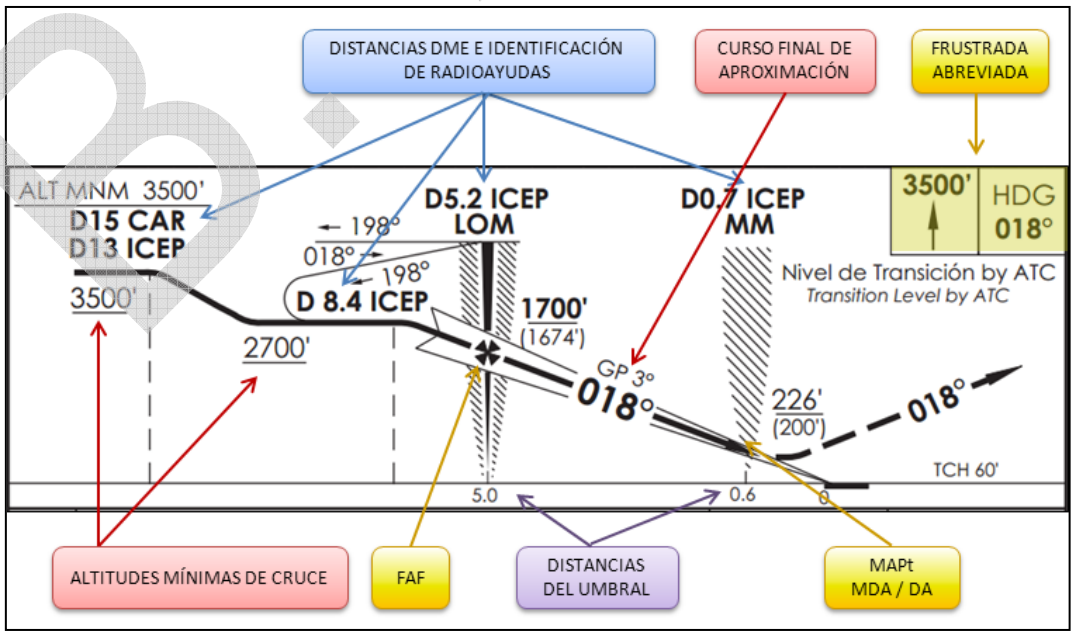


Fig. 6- 29

6.13.2.4 Mínimos e Información General. **(Fig. 6- 30)**

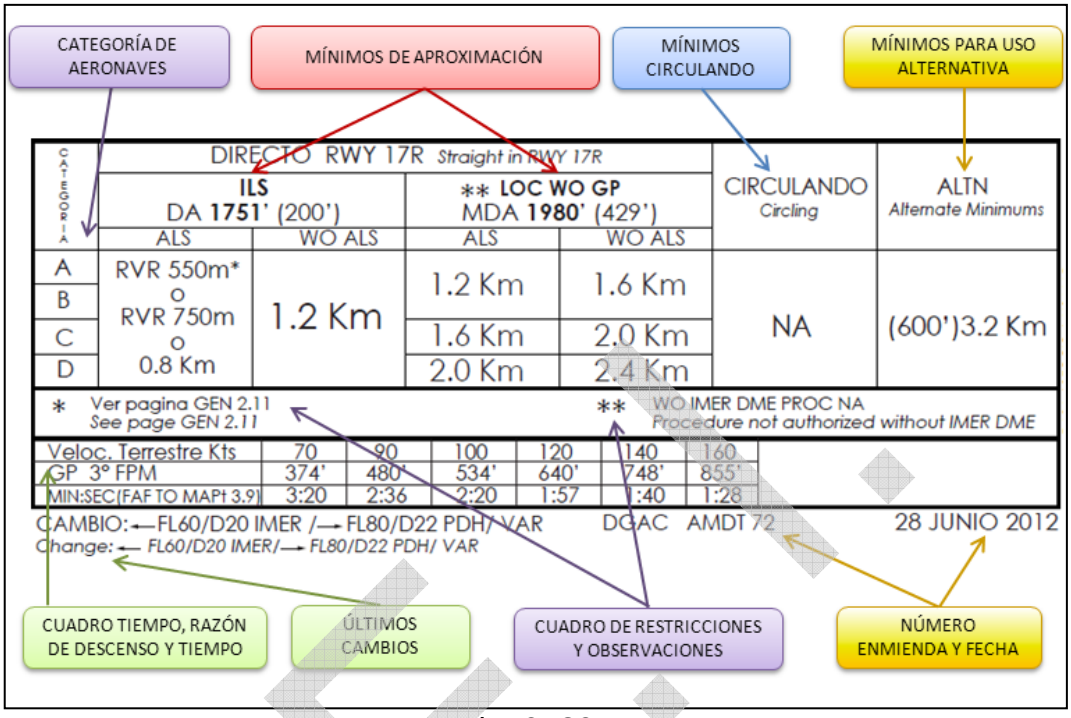


Fig. 6- 30

6.13.2.4.1 Categorías de Aeronaves para la Aproximación.

Las aeronaves están clasificadas en conformidad a lo Indicado en el AIP CHILE Volumen II, GEN 2.8, en donde se señala que la categoría de cada aeronave se determina por la Velocidad de Pérdida, en configuración de aterrizaje, con máximo peso x 1.3. Pero para los efectos de Criteria y áreas de seguridad en las aproximaciones, debe utilizar la velocidad a que ejecuta las aproximaciones directas y circulares.

Por ejemplo su aeronave tiene una velocidad de pérdida de 90 KTS x 1.3 =117 KTS. Por lo tanto, la categoría que corresponde es B de acuerdo al cuadro que se muestra a continuación, pero ejecuta las aproximaciones y circular a 140 KTS, entonces corresponde categoría C. **(Fig. 6- 31)**

Es muy importante señalar que podrá subir la categoría de su aeronave, pero nunca bajarla respecto a lo señalado en la tabla **(Fig. 6-31)**.

Categoría de Aeronaves	Velocidad (Kts.)
A	Menos de 91 KIAS
B	Más de 91 pero menos de 121 KIAS
C	Más de 121 pero menos de 141 KIAS
D	Más de 141 pero menos de 166 KIAS
E	Más de 166 pero menos de 211 KIAS

Figura 6-31

Las velocidades indicadas se emplean para determinar el radio de viraje.

Los mínimos meteorológicos y las características de las áreas de protección para las aproximaciones directas, circulando y frustrada, están determinadas de acuerdo a la categoría de la aeronave. Si decidiera maniobrar a velocidades sobre el límite de velocidad de su categoría, se emplearán los mínimos publicados para circular correspondientes a la categoría siguiente superior, cuando existan.

6.13.2.4.2 Aproximación Directa

Es aquella que el ángulo formado entre la prolongación del eje de pista y el rumbo de aproximación final es inferior a 30º y la razón de descenso en el área de aproximación final es normal.

6.13.2.4.3 Aproximación Circulando

Es aquella que el ángulo formado entre la prolongación del eje de pista y el rumbo de aproximación final es mayor de 30º y/o la razón de descenso en el área de aproximación final es excesiva. En estos casos no figura la pista y el procedimiento se designa con una letra del abecedario.

Ej. : NDB-A, VOR-A, etc.

Para los casos en que existan mínimos de la aproximación directa y circulando, el MDA circulando debe ser igual o superior al MDA de la aproximación directa.

6.13.2.4.4 Alternativa

Los mínimos meteorológicos estándar para poder considerar un aeródromo como alternativa en el plan de vuelo (estos mínimos, sólo rigen para la presentación del plan de vuelo) deberán ser considerados por el

piloto en el caso que sea necesario dirigirse por alguna razón al aeródromo de alternativa durante el vuelo. En ese momento deberá considerar los mínimos publicados para el procedimiento de aproximación seleccionado. Los mínimos son (800') 3.2 Km. para todos los procedimientos excepto para los de precisión, cuyos mínimos son (600') y 3.2 Km. Los mínimos de alternativas en todo caso serán iguales o superiores a los mínimos circulando.

6.13.2.4.5 Altitud Mínima de Descenso (MDA)

Altitud bajo la cual no se mantiene el margen vertical mínimo prescrito sobre los obstáculos del área de aproximación final. Esta altitud debe mantenerse hasta tener contacto visual con el terreno o hasta el MAP, lo que ocurra primero. La información aparecida en la carta indica altitud y entre paréntesis figura la altura sobre la elevación del aeropuerto o aeródromo.

6.13.2.4.6 Altitud de decisión (DA)

Altitud especificada a la cual si no se ha establecido contacto visual con el terreno, deberá efectuarse el procedimiento de aproximación frustrada. La altura sobre la elevación del umbral figura entre paréntesis. El término DH es usado sólo en aquellos procedimientos de aproximación de precisión en que la trayectoria de planeo está definida por medios electrónicos (ILS/ PAR).

6.13.2.4.7 Visibilidad

La visibilidad se indica en kilómetros y décimas de kilómetros y está en relación directa con el MDA y razón de descenso entre éste y la pista.

6.13.2.4.8 Cuadro de Velocidad y Tiempo

Como ayuda adicional en las cartas de aproximación por instrumentos, en que existe un punto de aproximación final (FAF) establecido, se da el tiempo en minutos y segundos desde el FAF al punto de aproximación frustrada. En los procedimientos de aproximación por instrumentos ILS se proporciona la razón de descenso en pies por minuto correspondiente al ángulo de la trayectoria de planeo calculada desde la altitud mínima sobre el punto de aproximación, radioayuda o intersección final (FAF), hasta la pista. Esta información se incluye como una ayuda para establecer un régimen de descenso constante y debe ser usada hasta, pero no por debajo del DH / MDA publicada.

B.E.I.

6.13.2.4.9 Cuadro de Observaciones

En el caso que una categoría tenga alguna diferencia en los mínimos se usarán asteriscos (*) y la variación se indicará en el casillero de restricciones y observaciones.

6.13.2.5 Reverso de la Cartilla DGAC **(Fig. 6- 32)**

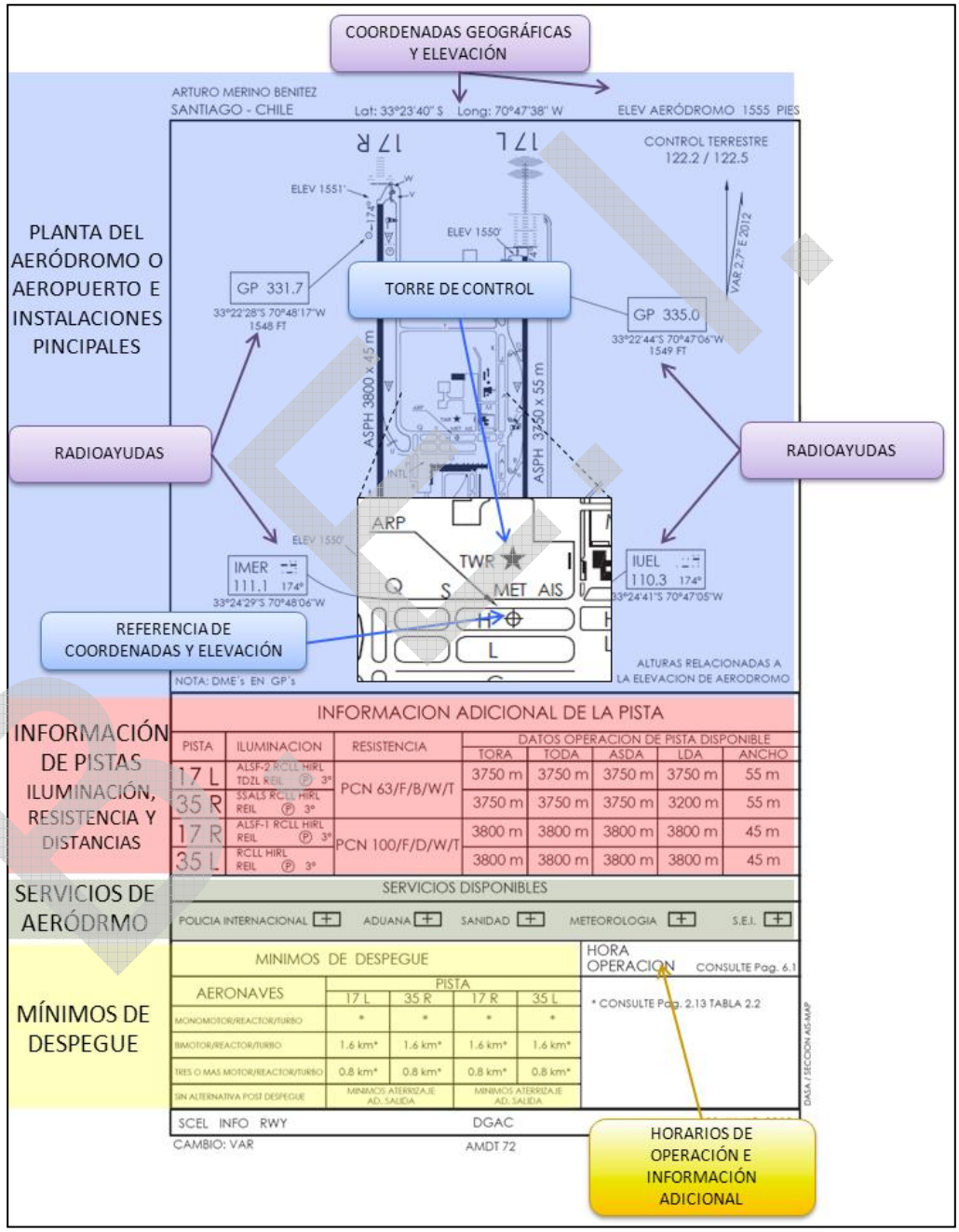


Figura 6-32

6.13.2.5.1 Cuadro Mínimos de Despegue.

Los mínimos de despegue se determinan en función de la categoría de la aeronave y de las características de las instalaciones terrestres. Aunque el elemento crítico es la visibilidad, se complementará con valores de techo cuando sea necesario para poder identificar un obstáculo durante el despegue. **(Fig. 6- 33)**

MINIMOS DE DESPEGUE				
AERONAVES	PISTA			
	17 L	35 R	17 R	35 L
MONOMOTOR/REACTOR/TURBO	*	*	*	*
BIMOTOR/REACTOR/TURBO	1.6 km*	1.6 km*	1.6 km*	1.6 km*
TRES O MAS MOTOR/REACTOR/TURBO	0.8 km*	0.8 km*	0.8 km*	0.8 km*
SIN ALTERNATIVA POST DESPEGUE	MINIMOS ATERRIZAJE AD. SALIDA		MINIMOS ATERRIZAJE AD. SALIDA	

Figura 6-33

La información de detalle sobre los requisitos de mínimos de despegue la puede encontrar en AIP CHILE Volumen II.

6.13.3 Franqueamiento de Obstáculos.

Las aerovías y descensos publicados garantizan que, dentro del área de protección, Ud. no encontrará obstáculos.

Así como, volando en el MEA de una AWY, el obstáculo más alto del tramo estará bajo suyo 2000’ o más; en un circuito de espera asociado a un procedimiento de aproximación instrumental, su separación vertical mínima (OCL) será de 1000’; desde el inicio del descenso, hasta el FAF, el OCL es de 500’ ; y desde el FAF hasta el MAPT el OCL es de 250’.

6.13.4 Simbología.

La información de detalle sobre la simbología la puede encontrar en AIP CHILE Volumen II, GEN (Generalidades).

B.E.I.

6.13.5 Planificación y Ejecución de una Aproximación

El vuelo por Instrumentos es, por esencia, planificado. No se apure, ni deje que lo apuren, si el resultado de ello va a ser una merma en el control del avión. Aún si se encuentra con poco combustible, es preferible acomodarse bien (y gastar algo de tiempo en un breve circuito de espera), ejecutar el descenso y viraje de base como está publicado, antes que "apresurarse" apenas pasa la radioayuda y "tratar de establecer los parámetros en el descenso".

La experiencia ha demostrado que la segunda alternativa ha sido, por lo menos, causa contribuyente en numerosos accidentes y situaciones de descontrol en vuelo.

6.13.5.1 Selección de la Aproximación

Sin perjuicio de que prepare todas las posibles aproximaciones al aeródromo de destino, escoja de ellas la más apropiada para Ud. y su avión, considerando al menos:

- La meteorología en superficie (techo, visibilidad, etc.)
- Las radioayudas disponibles (tanto en tierra como en el avión)
- La razón de descenso necesaria (performance)
- El tiempo disponible (combustible)
- La pista en uso (viento)
- Ayudas visuales (luces)

No obstante es preferible realizar las aproximaciones más precisas (Ej.: ILS primará sobre una VOR/DME)

6.13.5.2 Checks

El procedimiento para antes de descender difiere de un avión a otro, salvo en lo que a chequeos instrumentales se refiere. Verifique siempre:

- Cursos
- Compases
- Radioayudas
- QNH
- Mínimas-
- Transición a Visual

B.F.I.

- Frustrada
- Detalles de la aproximación a realizar
- Check del avión

Resulta práctico separar el Check de Antes de Descender, en dos rutinas: una instrumental, común para todos los aviones, y otra particular del avión específico que se está volando.

Todo descenso supone efectuar los checks, cálculo de viento y configuración previo a su inicio. Cuando Ud. planifique descender apenas llegado a la radioayuda de inicio, deberá considerar que el tiempo disponible para estas rutinas será escaso. Ésta maniobra requerirá gran destreza y expedición en sus procedimientos de vuelo; deberá hacer todos los chequeos y configuración antes de pasar la estación (durante el descenso en caso de un vuelo de ruta), y ser extremadamente cuidadoso en la evaluación del viento, para un preciso control de la derrota y no exceder el área protegida para el descenso.

6.13.5.3 Descensos

Antes de alcanzar el FIX o radioayuda de destino, el piloto deberá:

- Planificar el modo de ingresar al Circuito de Espera.
- Reducir la velocidad a la velocidad de aproximación.
- Configurar el avión.
- Completar el check instrumental y check del avión.

6.13.5.4 Ajuste Altimétrico

Cuando se deba hacer descensos desde un nivel de vuelo a otro, se mantendrá el altímetro ajustado con QNE.

Cuando se deba hacer descensos desde un Nivel de Vuelo hasta una altitud (bajo el Nivel de Transición), se debe cambiar el altímetro a QNH en el Nivel de Transición como último punto (nivel). Este proceso sin embargo, es altamente posible que se le olvide al piloto, ya que generalmente alcanzará el Nivel de Transición próximo a iniciar la aproximación, cuando la carga de trabajo en la cabina es mayor. Por lo tanto, se sugiere ajustar el altímetro con QNH una vez autorizado ejecutar la aproximación / penetración o cuando ATC lo autorice a una altitud en “PIES” (Ej.: 3000 pies) en descenso en ruta.

B.F.I.

6.13.5.5 Circuito de Espera

No es sólo para “mantener” por tráfico o gastar combustible. Calcule vientos, haga sus chequeos y configure (si es aplicable) con toda calma. Cuando esté listo, aproxime. Si Ud. encuentra que aún hay algo pendiente, está desorientado, no se ubica en el área o tiene problemas, soluciónelos antes de descender. No se apure innecesariamente, pues sólo conseguirá deteriorar aún más su situación.

Al ingresar al circuito de espera y posteriormente en cada paso por el punto de inicio de aproximación (recomendado), deberá ejecutar el check “HVPL”:

Hora: A la hora que chequeó el punto.
Viraje: De procedimiento de ingreso.
Potencia: Requerida para la velocidad del circuito.
Llamado: XXX en Procedimiento de ingreso (si es en gota o paralelo) / ingresando (si es directo).

6.13.5.6 Aproximación - Descenso en Alejamiento

- Tome tiempo e inicie el procedimiento de interceptación recién pasada la estación.
- Reduzca la potencia y ajuste la actitud (Pitch) a la apropiada para mantener la razón de descenso requerida.
- Complete la interceptación y mantenga el curso de alejamiento.
- Antes de alcanzar la altitud y/o el tiempo para efectuar el viraje de base, confirme el sentido del viraje.
- Seleccione el curso de acercamiento 15 segundos antes de virar

NOTA: Tanto el viraje de Base como el viraje de procedimiento, exigen estar dentro de parámetros estrictos para continuar descendiendo en Acercamiento, luego de virar. Con ese fin, se aplica el procedimiento más adelante detallado, para calcular el tiempo de alejamiento. Este procedimiento debe ser acomodado de acuerdo al viento calculado en el circuito de espera. De este modo, podrá salir interceptado en el curso de acercamiento ejecutando el viraje de base con razón estándar (sin viento). **(Fig. 6-34)**

B.F.I.

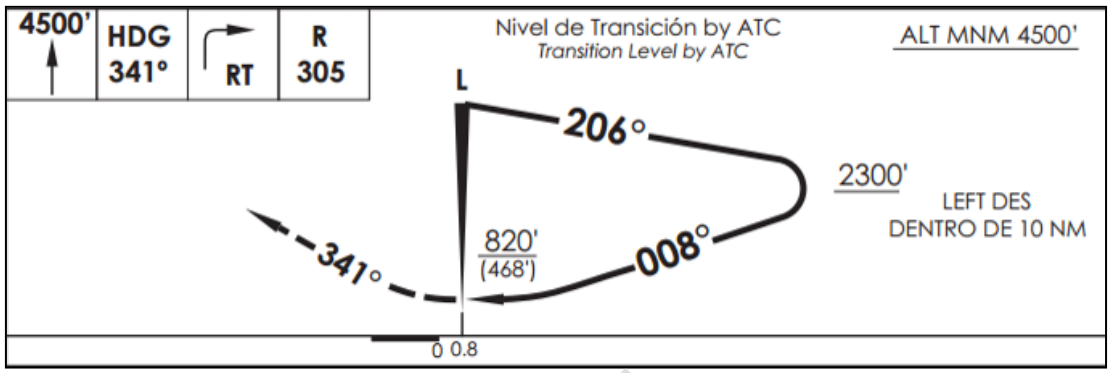


Figura 6-34

6.13.5.7 Planificación de tiempo y descenso para aproximación en "gota".

(1) Anote el rumbo del curso de alejamiento y el de acercamiento.

R.- 206º 008º

(2) Sume 180º al menor de ellos.

R.- 008º
+ 180º
188º

(3) Reste ahora el menor al mayor.

R.- 206º
- 188º
18º

(4) Divida 36 por el resultado.

R.- 36:18 = 2

(5) Deberá alejarse 2 minutos, antes de iniciar el Viraje de Base. Este cálculo está basado para un viraje estándar.

B.E.I.

6.13.5.8 Aproximación - Viraje de Base

- Hágalo en el sentido que muestra la publicación.
- Notifique viraje de base.
- Planifique y ejecute el viraje Base, de modo tal que no descienda de la altitud señalada, hasta estar dentro del área de seguridad. Ud. podrá continuar descendiendo cuando la demarcación a la radioayuda sea ±10º respecto del curso de Acercamiento, y se encuentre en un rumbo apropiado de interceptación.

Para ADF es mandatorio nivelar las alas previo a la lectura del radiocompás, debido al error de profundidad (viraje).

A diferencia de la aproximación ADF, las agujas VOR se pueden leer en viraje y le permitirán descender de la altitud mínima señalada, cuando Ud. se encuentre con su CDI "Alive" o con desplazamiento (+10º con respecto al curso de acercamiento) y con un rumbo apropiado de interceptación, sin tener la necesidad de nivelar las alas hasta conseguir la interceptación.

El ángulo del área de seguridad está dado por el siguiente cálculo **(Fig. 6- 35)**:

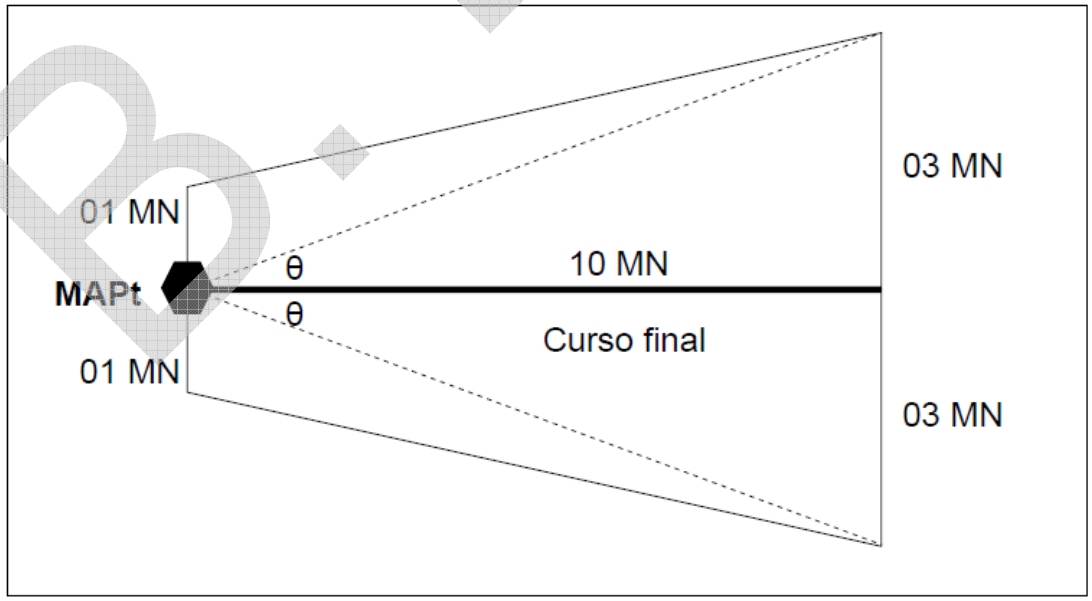


Figura 6-35

Área de protección primaria de aproximación VOR y ADF – curso final.

Sen θ = 3 MN / 10 MN
θ = arc sen (3 / 10)
θ = 17º ≈ **15º**

_____ Área de protección primaria

- Realice las correcciones necesarias para quedar interceptado en acercamiento lo antes posible, debido a que el área secundaria (delimitada por los 10º) proporciona menor franqueamiento de obstáculos en forma gradual hasta los límites exteriores.
- Ud. debe tener previamente calculado el tiempo que tardará en realizar el viraje de base, con el fin de estar preparado para efectuar el viraje correctamente en caso de que se encuentre volando con falla de compases. Para determinar el tiempo de viraje, divida la cantidad de grados a virar por 3º/seg. (viraje estándar).

$$\frac{198º}{3º / seg.} = 66 \text{ segundos} \rightarrow 1' 06''$$

6.13.5.9 En Acercamiento

- Tome tiempo apenas nivele las alas.
- Intercepte y mantenga el curso de acercamiento hacia la radioayuda.
- Nivele el avión a la altitud mínima.

6.13.5.10 Aproximación Final.

Después de pasar la radioayuda, FIX de aproximación final (FAF), o al término del viraje de base, intercepte y mantenga el curso de aproximación final.

- Continúe con el descenso a la altitud mínima publicada para obtener referencias visuales.
- Establezca la configuración y velocidad apropiada. El descenso a la MDA debe ser completado a lo menos 15 segundos o 1 milla náutica (si cuenta con demarcación de distancia) antes de alcanzar el punto de aproximación frustrada.

B.E.I.

- Inicie la transición 300 pies sobre la base de la nubosidad. Cuando tenga referencias visuales suficientes, haga una transición a vuelo visual integrando estas referencias a su crosscheck.

6.13.5.11 Razón de Descenso

Se busca establecer una Razón de Descenso tal, que el avión llegue a una posición segura y cómoda para interceptar final y aterrizar.

Para cada tramo del descenso, se relaciona la altitud a perder con el tiempo a emplear en dicho tramo.

En el caso de la aproximación de la Fig. 6-34, se debe calcular un descenso desde el inicio de la aproximación hasta la primera mínima (viraje de base, considerando el tiempo total de este tramo)

1. Tiempo a descender = tramo de alejamiento + viraje de base
   Tiempo a descender = 2’ + 1’ 06’’ = 3’ 06’’

2. Altitud a descender = 4.500’ – 2.300’ Altitud a descender = 2.200’

3. Razón de descenso = altitud / tiempo
   Razón de descenso = 2.200’ / 3’ 06’’ (3,1 min.)
   Razón de descenso = 709 pies / minuto ≈ 700 pies / minuto

Para calcular la razón de descenso del tramo final, se aplica la misma fórmula. Diremos, entonces, que el tramo final es de la misma extensión que el de alejamiento. Sin embargo, al tramo final debemos restarle el tiempo para volar nivelado la MDA antes de arribar al MAPt (al menos 15’’)

Siguiendo con la aproximación de la Fig. 6-34, el cálculo de la razón de descenso del tramo final será:

4. Tiempo a descender = 2’ – tiempo para volar la MDA
   Tiempo a descender = 2’ – 15’’ = 1’ 45’’

5. Altitud a descender = 2.300’ – 820’
   Altitud a descender = 1.480’

6. Razón de descenso = 1.480’ / 1’45’’ (1,75 min.)
   Razón de descenso =845 pies / minuto ≈ 900 pies / minuto

NOTA: Debe tener especial cuidado cuando utiliza razones de descenso superiores a 800 pies/minuto, ya que el viento puede hacer que para su descenso Ud. requiera más de 1.000 pies/min

B.E.I.

En el caso de una aproximación directa, se realiza el cálculo de tiempo y razón de descenso en función de los fix's publicados. Para este ejemplo, tomaremos el tramo comprendido entre el FAF y el MAPt, y una aeronave con una velocidad de aproximación de 120 Kias (2 NM / minuto) **(Fig6- 36)**

1. Tiempo a descender = 4 MN / 2 MN minuto (se resta 1 MN antes del MAPt)
   Tiempo a descender = 2' 00''

2. Altitud a descender = 2.200' – 720'
   Altitud a descender = 1.480'

3. Razón de descenso = 1.480' / 2' 00''
   Razón de descenso = 740 pies / minuto ≈ 700 pies / minuto

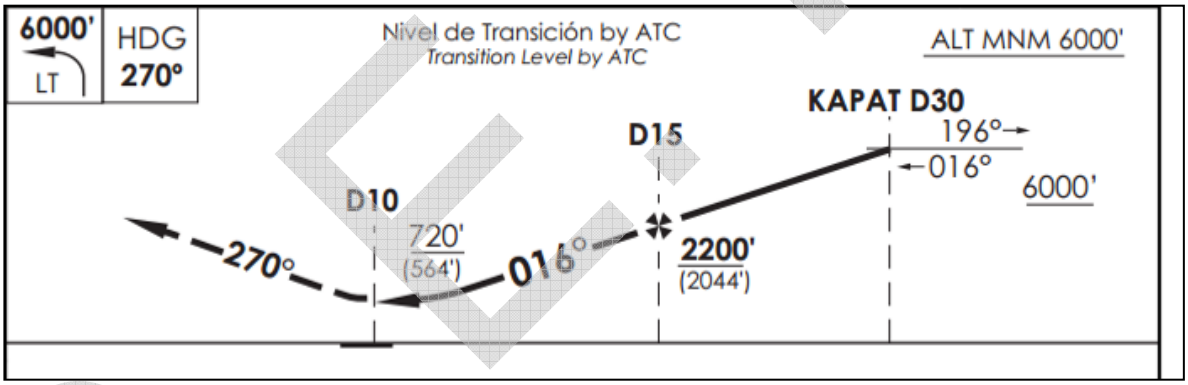


Figura 6-36

Se comparan las diferentes razones de descenso a emplear en la APP. Como se trata de facilitar el vuelo, trataremos siempre de que la razón de descenso sea lo más constante durante la APP. Esto se consigue aplicando un "promedio" de las distintas razones de descenso.

De esta forma, si la razón de descenso calculada en el primer tramo es de 700' por minuto y la del segundo es 300' por minuto, se aconseja emplear una razón de descenso constante de 500' por minuto. Ello evitará tener que hacer ajustes en actitud y potencia.

PRECAUCIÓN: Cuando haga este "emparejamiento" del descenso, debe asegurarse de comprobar que la razón de descenso promedio, no le dejará bajo alguna de las altitudes mínimas publicadas para el descenso. Para cumplir esto siempre la razón de descenso del primer tramo a volar (calculado previamente) será superior al segundo tramo. **(Figura 6-37)**

B.E.I.

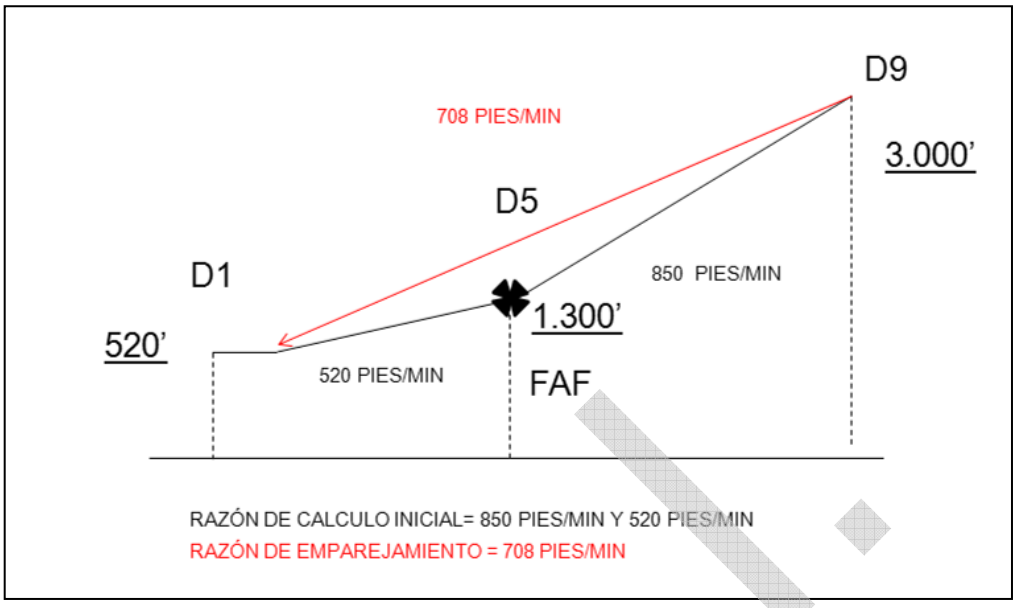


Figura 6-37

Existen descensos particularmente difíciles, que exigen al piloto mantener una razón relativamente alta (1000' por minuto y más) que resultan incómodas de volar por el escaso tiempo disponible. En dichas ocasiones, se aconseja prolongar el alejamiento (aproximaciones con viraje base), de modo que la altitud a descender se distribuya en una mayor cantidad de minutos, obteniendo una razón de descenso menor.

PRECAUCIÓN: Recuerde que el franqueamiento de obstáculos para la aproximación, sólo se garantiza dentro del área indicada en la cartilla ("dentro de 10 MN") y el alejamiento durante más tiempo o con mucho viento, podría dejarlo fuera del sector protegido.

El control del tiempo versus altitud perdida, será una importante ayuda para un estrecho control del descenso. Así, si la altitud de inicio es de 4500' y si la razón de descenso a mantener de 500' por minuto, anote en su cartilla de aproximación, cada 1 minuto de descenso, la altitud que debiera llevar. En el primer minuto debiera estar a 4000', al 2º minuto a 3500", 3º minuto a 3000', etc. Lo mismo debe hacer para las aproximaciones con distancia (DME) calculando a que altitud debe cruzar en cada milla (o cada 2 o 3 millas dependiendo la velocidad de su aeronave) con la razón de descenso planificada.

Por otra parte, es crucial un buen control del tiempo durante el descenso, pues en numerosas ocasiones será la única manera de obtener referencias para no sobrepasar el OCL (área de seguridad) de la APP (10 MN en Aproximaciones, 15 MN en Penetraciones)

6.13.5.12 Llegada al MAPT

Tomando en cuenta que la finalidad de la APP es llegar a aterrizar, no basta sólo con alcanzar la Altitud Mínima sobre el MAPT. En numerosas ocasiones, la ubicación de este punto será tal, que si el piloto recién ve la pista en esa posición, se verá obligado a emplear una razón de descenso excesiva en final, circular o incluso frustrar la aproximación.

Para evitar una situación semejante, estudie cuidadosamente la ubicación del MAPt respecto de la pista en que planea aterrizar. Calcule alcanzar la MDA al menos 15 seg. (0.3 minutos) o 1 MN antes del MAPt (VOR/DME), de modo que haga una transición cómoda a visual; durante este tiempo, termine de configurar el avión, y desacelere a velocidad de final. Planee alcanzar la MDA en un punto tal que pueda interceptar su trayectoria final normal si tiene contacto visual con la pista. Si la llega a ver a último momento, le será más fácil llegar a ella si mantuvo la MDA listo para aterrizar (velocidad y configuración)

Especial atención se debe tener en aquellas aproximaciones en que el MAPt se encuentra en el umbral opuesto al de la aproximación. En tal caso, Ud. deberá planificar alcanzar la MDA al menos 15 segundos antes del umbral al cual aproxima. Para realizar este cálculo, Ud. debe conocer la distancia entre el umbral de la aproximación y el MAPt, y de esa forma calcular el tiempo al cual debe estar nivelado.

Ej.: La radioayuda que determina el MAPt en la aproximación se encuentra a 1,5 MN desde el umbral de la aproximación hacia “dentro” de la pista. Suponiendo que su aeronave aproxima a una velocidad de 120 Kias, el umbral se encuentra 45 segundos antes del MAPt. Por lo tanto, para realizar una buena transición a visual, Ud. debiera nivelar 15 segundos antes del umbral, lo que será equivalente a nivelar 60 segundos antes del MAPt.

Durante aproximaciones de precisión, llegará al MAPt al momento de alcanzar la DA. Bajo estas condiciones, recuerde que se debe llegar a este punto listo para aterrizar, por lo que su configuración y velocidad, deben ser las recomendadas para final corto, según el Manual de su avión.

6.13.5.13 Transición

Su primer indicativo para establecer dónde iniciar la transición a Vuelo Visual, será el reporte meteorológico del aeródromo al cual aproxima (tenga en cuenta que la base de la nubosidad reportada en el METAR está dada en pies AGL). Calcule la altitud de la base de las nubes, y 300’ antes de ella comience a buscar referencias visuales. Tome en cuenta que

mientras no vea la pista (o sus luces), no debe descender de la altitud mínima pese a tener visión vertical del suelo.

Revise su cartilla de aproximación cuidadosamente, y verifique:

- Obstáculos en el sector por los cuales circular, de ser necesario.
- Entorno de la pista: construcciones, accidentes geográficos, otras pistas, etc.
- Ayudas visuales y su ubicación: Tome nota detallada de las luces con que cuenta la pista, e imagínese el aspecto que esta tendrá cuando la vea en el eje que planea llegar. Es particularmente útil fijarse en la posición del faro rotatorio, ya que frecuentemente será éste la primera referencia exterior que integre a su cross-check. Usted podrá establecer con bastante certeza la posición de su pista, a partir de este faro blanco/verde. En otros casos serán las luces de aproximación de pista (ILS). Tenga especial cuidado en luces que puedan confundir al piloto con una pista equivocada (ej: carreteras u otra pista).
- Debe fijarse en el ángulo de la pendiente de las PAPI o VASIS, ya que pueden cambiar de una pista a otra.
- Ubicación de las radioayudas que sirven a la APP que está realizando, respecto de la pista a que planea aproximar. Note especialmente la posición y distancia del MAPt, respecto del cabezal a que aproximará.

6.13.5.14 Comunicaciones

No se precipite en hacer notificaciones tales como “en el aire”, “frustrando”, “ingresando al circuito de espera”, etc., si es que en ese momento aún tiene rutinas de cabina pendientes. Usted debe dedicar atención prioritaria al control del avión, ya que al responderle a ATC, este puede hacerle preguntas o dar instrucciones extensas (complicadas) que le distraerán y harán decaer su grado de control de la situación (AS).

Asegúrese siempre de llamar a la dependencia ATS correcta y hacerlo sólo cuando ya tenga todo bajo control.

Si ATC lo llama en el momento que recién está terminando de limpiar el avión (despegue, frustrada) no sacrifique el control de éste por responder; solicítele mantener hasta que usted, el responsable de la seguridad de su avión, esté en buenas condiciones para atender a sus instrucciones.

6.13.5.15 Flexibilidad

Es importante no confundir una planificación detallada, con una planificación rígida. Por el contrario, mientras más fino ha sido el ajuste de los detalles previstos en tierra, mejores elementos de juicio estarán disponibles al momento de requerir hacer un cambio durante el vuelo. Estará mejor preparado para decidir. Además, la práctica de la rutina de planificación resumida en los párrafos anteriores, desarrolla en el Piloto la habilidad de evaluar más rápidamente, alternativas contingentes encontradas en el vuelo.

6.14 PENETRACIONES

Por definición, una aproximación instrumental con razón de descenso superior a 1000’ ppm., puede ser considerada penetración.

La principal diferencia con una aproximación baja, es que una penetración permite a un avión de alta performance, una transición rápida desde una gran altitud a un curso de acercamiento a la pista que le permita realizar un aterrizaje. **(Fig. 6- 38)**

Al igual que una aproximación baja, la penetración debe planificarse en su totalidad. Debe considerar que una penetración tiene generalmente una transición a una aproximación baja, por lo que deberá tener en consideración todos los factores descritos anteriormente para este tipo de aproximaciones, incluyendo una adecuada planificación de dicha transición.

Las cartas con una franja negra en su borde exterior son aplicables para aeronaves categoría B y C, mientras que aquellas que tienen una franja achurada son diseñadas para categoría D y E. Las cartas que no poseen ninguna franja, son aplicables a todas las categorías.

6.14.1 Planificación y ejecución de una Penetración

6.14.1.1 Circuito de Espera

Los Circuitos de Espera de este tipo de aproximación son idénticos a los de las aproximaciones bajas, en cuanto a su diseño. Sin embargo, tome en consideración los siguientes factores para su planificación y ejecución:

- Por lo general la altitud de espera es sobre los 14.000 pies, por lo que el tiempo de control es de 1,5 minutos para el tramo de acercamiento.

- Considerando la altitud del circuito, siempre se encontrará a un Nivel de Vuelo, por lo que el cambio del setting altimétrico debe realizarlo previo a iniciar el descenso y / o, en el nivel de transición.
- Para efectos del proceso de ingreso al Circuito de Espera, se emplean las mismas fórmulas y procedimientos, con la excepción del curso para establecer la Gota de Agua. Para las penetraciones el curso se establece con 20° de apertura, en comparación con los 30° de las bajas.

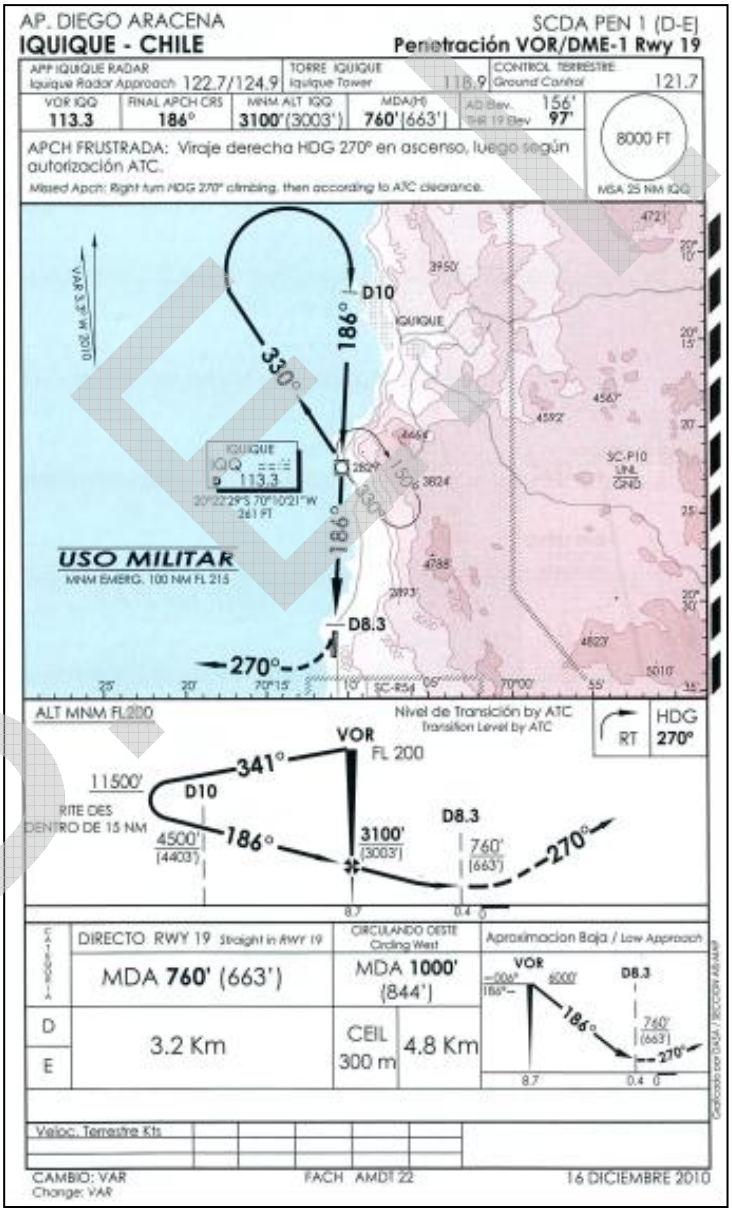


Figura 6-38

6.14.1.2 Inicio de la Penetración

Dependiendo del tipo de penetración (VOR/DME, VOR, ADF), deberá dar inicio al descenso procediendo a acelerar y configurar su avión de acuerdo a lo establecido en el respectivo manual de fase de su aeronave. El Freno de Picada es una herramienta común en este tipo de aproximaciones, considerando el tipo de descenso que debe ejecutar, pero recuerde que no es obligatorio el uso del mismo. Deberá considerar las mismas técnicas empleadas para una aproximación baja en lo referente a interceptaciones recién pasada la estación.

Si el nivel de vuelo a que comienza la penetración es menor del nivel de vuelo publicado recomendado, deberá, una vez alcanzado el punto de inicio del descenso, mantenerse nivelado por 15 segundos por cada 1000 pies bajo el nivel de inicio.

Ejemplo: Nivel publicado: FL200
Nivel de inicio: FL180
Tiempo a mantener nivelado: 30 segundos

6.14.1.3 Tramo de Alejamiento

En caso de ser una aproximación con viraje de penetración, usted deberá verificar el punto de inicio del viraje, el que puede estar demarcado por una altitud o una distancia DME.

Debe prestar especial atención a la razón de descenso mínima que va a necesitar con el fin de mantenerse dentro del área de seguridad incluyendo el radio de viraje de su avión.

NOTA: Recuerde que el viento a mayores altitudes generalmente es mayor que a bajas altitudes. Esto puede ser riesgoso con componente de cola y sacarlo del área de seguridad publicada. Planifique bien el tiempo que volará en alejamiento versus la altitud que alcanzará, de modo de no exceder el área de seguridad publicada.

6.12.1.4 Viraje de Penetración

- 1000 pies antes de la altitud de inicio del viraje lleve el selector de cursos al curso de acercamiento y prepare su viraje.
- Notifique en viraje de penetración
- El viraje lo debe realizar con la inclinación alar necesaria según la performance de su aeronave, sin sobrepasar los 30º de I.A.

B.E.I.

- Generalmente le corresponderá preparar la nivelada y configuración de su avión en la última parte del viraje. Para ello, 2000 pies antes de la altitud mínima del viraje o del FAF, lleve su avión a medio PITCH (*) y comience a desacelerar, con el fin de iniciar la transición al segmento final y poder configurar la aeronave.

(*) **Medio PITCH**: reducción de la actitud del avión a la mitad de la que actualmente tiene. Ej.: el descenso de penetración mantiene -12º de actitud. Al llevar a medio PITCH, deberá seleccionar -6º de actitud.

6.14.1.4 En Acercamiento y Final

Los criterios de interceptación y descenso son los mismos que se ocupan para una aproximación baja.

Sin embargo, deberá tener especial cuidado con el proceso de configuración de su avión para el aterrizaje, ya que no será mucho el tiempo disponible para efectuar todos los chequeos correspondientes, interceptar y desacelerar a velocidad de aproximación.

6.15 ATERRIZAJE DESDE APROXIMACIONES INSTRUMENTALES

6.15.1 Generalidades

Estudios realizados por la N.T.S.B. (National Transportation and Safety Board- USA) entre los años 1959 y 1995, revelan que aproximadamente el 50% de los accidentes de vuelo ocurren durante la etapa de aproximación / aterrizaje. **(Fig. 6- 39)**

En la mayoría de los casos, estos accidentes han ocurrido con contacto visual con el terreno.

Al parecer, los pilotos comienzan a perder su capacidad de determinar visualmente, con exactitud, la posición del avión bajo ciertas condiciones de visibilidad limitada.

B.E.I.

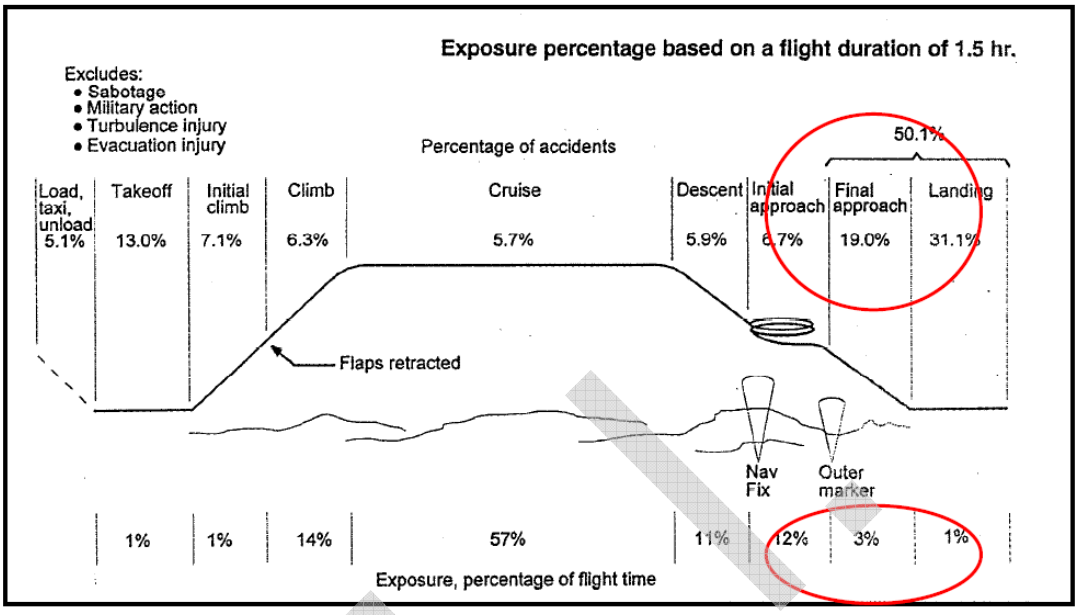


Figura 6-39

6.15.2 Planificación

Una aproximación instrumental y su aterrizaje en condiciones meteorológicas marginales, requiere de una buena planificación en tierra antes del vuelo para que éste sea realizado en forma segura.

Durante el proceso de planificación, debemos imaginarnos mentalmente como va a ser nuestro vuelo, tomando en cuenta hasta los más pequeños factores que en un momento dado podrían significarnos una situación riesgosa, tales como: la distancia que hay entre la radio ayuda y la pista; tipos de luces existentes, referencias visuales que nos puedan brindar ayuda, etc.

Si el piloto en su planificación analiza todos y cada uno de los factores ya enumerados, podrá realizar un vuelo en forma segura y tendrá una gran ayuda para realizar su transición de instrumentos a vuelo visual en el aeródromo de destino.

6.15.3 Transición de Vuelo Instrumental a Visual

Esta fase varía para cada aproximación, para lo cual es aconsejable tener una apropiada coordinación entre la tripulación (si es aplicable)

Rara vez un piloto podrá determinar el punto de transición, cuando se le presenten restricciones a la visibilidad en la fase final de aproximación, para lo cual analizaremos las restricciones a la visibilidad más comunes.

6.15.3.1 Restricciones a la Visibilidad

Hay muchos fenómenos meteorológicos tales como la lluvia, nieve, bruma o humo que restringen la visibilidad. Cuando existen restricciones a la visibilidad en superficie y el cielo o las nubes están completamente ocultas al observador, el cielo es considerado invisible y el "techo" es la visibilidad vertical desde el cielo. Si se encuentra ejecutando una aproximación en condición de cielo invisible, normalmente no verá las luces de aproximación o la pista en cuanto cruce el nivel del cielo invisible. Ud. debiera ser capaz de ver el suelo directamente debajo suyo; sin embargo, la transición de vuelo instrumental a visual ocurrirá a una altitud considerablemente menor que la visibilidad vertical reportada. En caso de que exista una condición parcial de cielo invisible, esto no será reportado, ya que el observador terrestre puede ver el cielo a través del fenómeno meteorológico presente.

En algunos casos, una condición parcial de cielo invisible puede estar asociada a bancos de niebla, por lo tanto el piloto puede esperar la pérdida de referencias visuales una vez que ingresa a la niebla. Es de importancia también, la distancia a la cual el piloto será capaz de encontrar referencias visuales para alinearse con la pista. Debe estar consiente que la visibilidad en la pista (RVR, si está disponible) puede no ser representativo de la distancia a la cual se verá la pista. De hecho, la visibilidad "oblicua" (desde el avión hacia la pista) puede llegar a ser considerablemente menor que el RVR reportado. El conocimiento de los múltiples factores que afectan esta fase del vuelo lo ayudarán a tener una transición a vuelo visual más segura y controlada.

6.15.3.1.1 Niebla Poco Profunda

Esta niebla no se extiende más allá de 200 pies de altura. El problema más serio que podríamos encontrar con este tipo de niebla es el que al iniciar nuestra aproximación tendremos bastantes referencias visuales tales como: luces de pista, la pista, las instalaciones del aeródromo etc. Pero a medida que se va descendiendo, éstas gradualmente se van perdiendo. Por lo tanto, el piloto deberá en todo momento guiarse por sus instrumentos y hacer una buena transición en la fase final de su aproximación.

BHI

6.15.3.1.2 Niebla Profunda

Esta, a diferencia de la anterior, se extiende a varios cientos de pies de altura y el piloto no tendrá en ningún momento referencias visuales. Normalmente las primeras referencias visuales serán el sistema de luces de aproximación en la última parte del descenso. Si la aproximación se realiza en condiciones nocturnas, debemos tener precaución con las luces estroboscópicas de pista (REIL) y luces de aterrizaje de nuestra aeronave, pues podrían producirnos una desorientación espacial. La niebla profunda es una de las más peligrosas restricciones a la visibilidad que existe.

6.15.3.1.3 Niebla de Advección

En condiciones de niebla, el piloto generalmente espera encontrar condiciones de viento calma y sin turbulencia. Sin embargo, el piloto puede encontrar niebla de advección con características similares a la de niebla profunda. Si así ocurriese, le sería más difícil efectuar una buena aproximación debido a la turbulencia. Las características de esta niebla están muy relacionadas con la velocidad del viento, debido a que ésta será menos profunda mientras mayor sea el viento. Vientos sobre 15 nudos, levantarán la niebla formando una base nubosa. El mejor procedimiento, es el estar preparado para las condiciones que se puedan encontrar durante la aproximación, para así poder corregir los problemas que ésta podría ocasionarnos.

6.15.3.1.4 Lluvia

En condiciones de lluvia fuerte o chubascos, se hace muy difícil realizar una adecuada transición de vuelo, debido al efecto que ésta causa sobre las referencias visuales. Si le agregamos la condición de vuelo nocturno, la situación será más crítica. La lluvia causa un efecto de deformación de las referencias visuales y si es nocturno, esto se amplifica debido al enceguecimiento que sufre el piloto por causa de las luces tanto de aproximación de pista como de aterrizaje.

La lluvia fuerte junto con la niebla profunda, son las restricciones a la visibilidad más peligrosas, y el piloto debe estar muy alerta en todo momento para aplicar medidas adecuadas que le signifiquen mantener la seguridad del procedimiento (ver capítulo de Fisiología).

6.15.3.1.5 Nieve

La nieve es otra restricción peligrosa y si es acompañada con viento, tanto peor, debido a que ésta nos cubre todas las referencias visuales que generalmente ocupamos en nuestra transición. Las luces de aproximación, serán nuestra única referencia visual para el aterrizaje, el que se dificulta enormemente por la pérdida de profundidad. Este fenómeno se denomina aterrizaje con visión blanca y se debe realizar casi por completo en forma instrumental.

6.15.3.2 Referencias Visuales

Como se mencionó anteriormente, la Altitud de decisión (DA) es la altitud especificada a la cual si no se ha establecido **contacto visual con la pista**, deberá efectuarse el procedimiento de aproximación frustrada.

¿Qué podemos considerar como contacto visual con el terreno que nos permita un aterrizaje seguro?

Existen diferentes criterios para determinar lo que usted debería ver para continuar para el aterrizaje como por ejemplo: La pista, marcas de pista, luces de aproximación, luces de umbral, luces de TDZ, marcas de TDZ, VASIs, REILs.

Es responsabilidad del piloto familiarizarse con las luces, marcas, etc. que posee el aeródromo de destino.

Debe tener muy presente que en condiciones de mala visibilidad, las referencias visuales durante la aproximación final y el quiebre del planeo son bastantes pobres comparadas con las que se usan normalmente en una aproximación visual. **(Fig. 6- 40 / 41)**

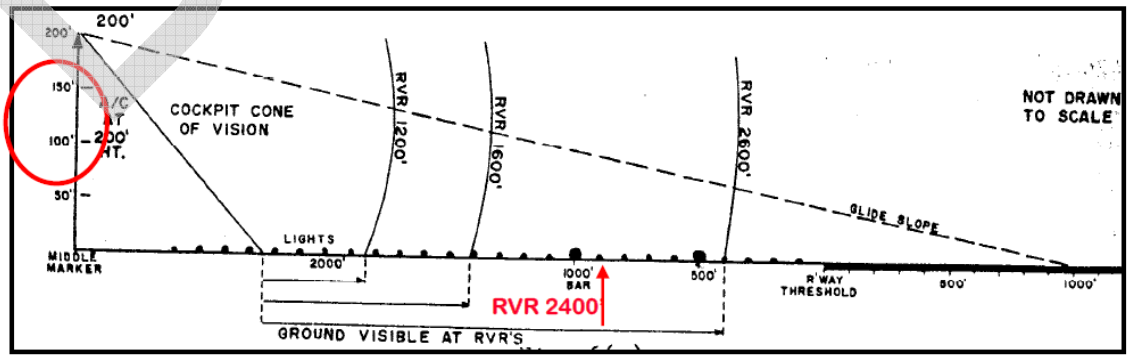


Figura 6-40
Cono de visión a 200 pies.

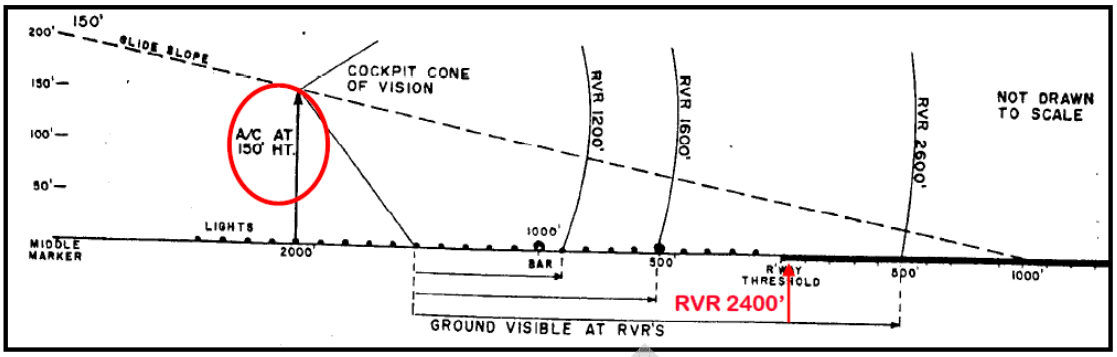


Figura 6-41
Cono de visión a 150 pies.

Durante aproximaciones bajo el efecto de restrictores de visibilidad como los que se han estudiado hasta ahora, usted podrá ver el terreno directamente bajo suyo, pero no mucho hacia delante. Esto es normal, ya que, considerando una trayectoria de planeo de 3°, usted estará siempre 20 veces más lejos de la pista que su altura sobre ella. Por ejemplo, siguiendo la trayectoria ILS de 3º, a 200 pies sobre la pista, Ud. se encontrará aún a 1.200 metros de ella.

Si el avión se encuentra 1 punto arriba o abajo, significará que en el OM se encontrará 125' sobre o bajo de la posición, en el MM +/-25 pies de la posición, en la DH 300'-400' más lejos o cerca del umbral y 6 pies sobre o bajo la altura de cruce de umbral. Por otro lado el segmento de visibilidad se mantiene igual variando la posición de este (300'- 400'), lo que significa ver 3 o 4 luces más adelante o atrás. **(Fig. 6- 42)**

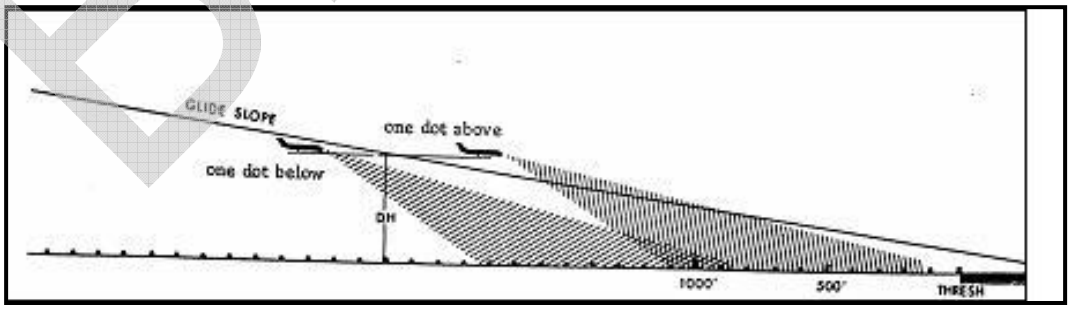


Figura 6-42

Efectos de la desviación de la trayectoria sobre la transición a visual para una aproximación ILS.

6.15.4 Angulo de Visión Descendente (DVA)

Existe un área escondida bajo la nariz del avión, la cual no se puede ver desde la cabina del avión. La línea de visión horizontal con la línea de visión descendente, proyectadas desde la vista del piloto bajo la nariz del avión, forma el llamado ángulo de visión descendente. **(Fig. 6- 43)**

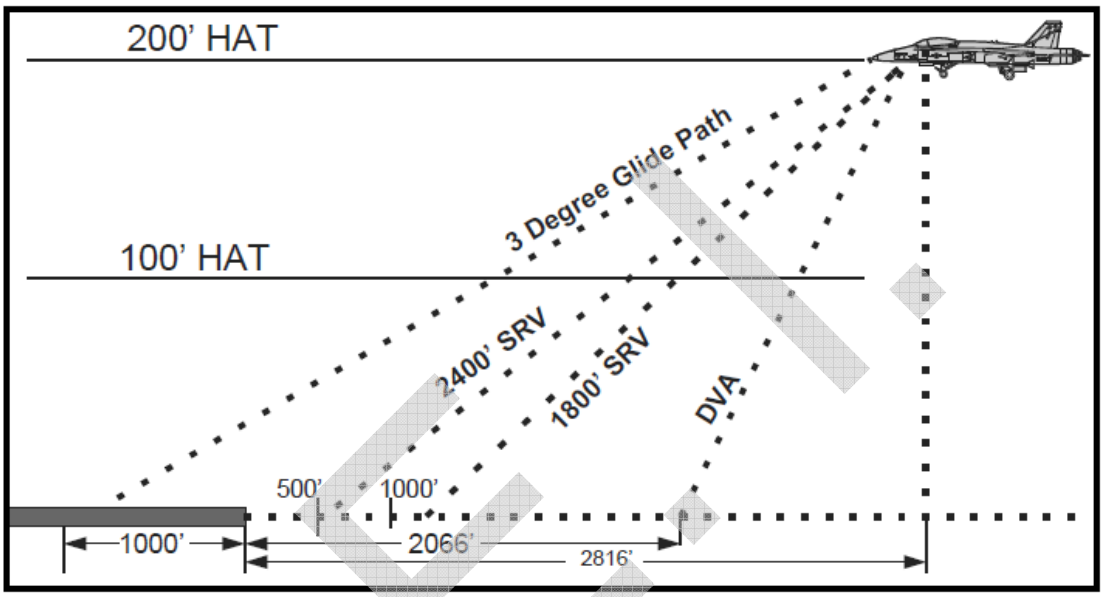


Figura 6-43

Esta área, escondida de la vista del piloto, puede ser calculada por medio de fórmulas matemáticas trigonométricas.

Por ejemplo, un avión con ángulo de visión descendente de 14º y a 100 pies sobre el terreno, tendrá un área escondida de 400 pies delante de la nariz del avión.

En una aproximación donde la visibilidad es de 1.600 pies, ésta se vería reducida a un segmento de solo 1.200 pies, sin considerar otros factores tales como una actitud un poco nariz arriba o un R.V.R. menor al reportado por la torre, que pueden reducir aún más el segmento visual del piloto.

La posición del asiento tiene un gran efecto en este ángulo. Estar sentado más bajo de lo normal disminuirá el DVA, escondiendo referencias que debería ver en condiciones normales.

Es importante tener el asiento ajustado adecuadamente. Esto significa ser instruido en dónde posicionar su asiento desde que comienza a operar cada material en particular, y usar la misma posición siempre. No es recomendable subir su asiento para aterrizajes con baja visibilidad. Siéntese en la misma posición siempre. Algunas aeronaves poseen un indicador que muestra el piloto la correcta posición del asiento para el ángulo de visión óptimo.

6.13.5 Tiempo de Reacción del Piloto

A una DH de 200 pies, usted se encontrará a 3800 pies del punto de toque de ruedas. A 140 nudos, usted está viajando a 236 pies/seg.; por lo tanto, le tomará aproximadamente 16 segundos en viajar 3800 pies.

Durante este tiempo usted debe identificar, decidir y reaccionar a las referencias disponibles:

- Tiempo para identificación referencias es de 1 a 2 segundos
- Tiempo para toma de decisiones es de 2 a 4 segundos
- Tiempo de reacción es de 0.4 a 1 segundo

El tiempo promedio de todo lo anterior es de 5 seg. Este tiempo se encuentra además afectado por estímulos externos como luces brillantes, ruido, dolor, fatiga, etc., los que causan distracción y aumentan el tiempo de reacción.

6.16 Coordinación de Tripulación

El copiloto es útil para asistir al Comandante de la aeronave en una serie de tareas.

Él puede volar una aproximación, controlar la velocidad, llevar las comunicaciones, configurar el avión o las tareas que el comandante de la aeronave le asigne. Sin embargo, el copiloto debe saber cuáles son sus tareas específicas antes de iniciar la aproximación.

Importante es también la coordinación para los llamados (callouts) entre el piloto volando el avión (PF) y el piloto no volando (PNF) **(Fig. 6-44)**. La siguiente es una lista estándar de callouts recomendados; los procedimientos en particular de cada avión establecerán la diferencia. **(Fig. 6- 45)**

Además, puede establecerse una coordinación entre ambos para efectos de apoyarse durante una aproximación, en especial durante la transición. **(Fig. 6- 46)**

B.E.I.

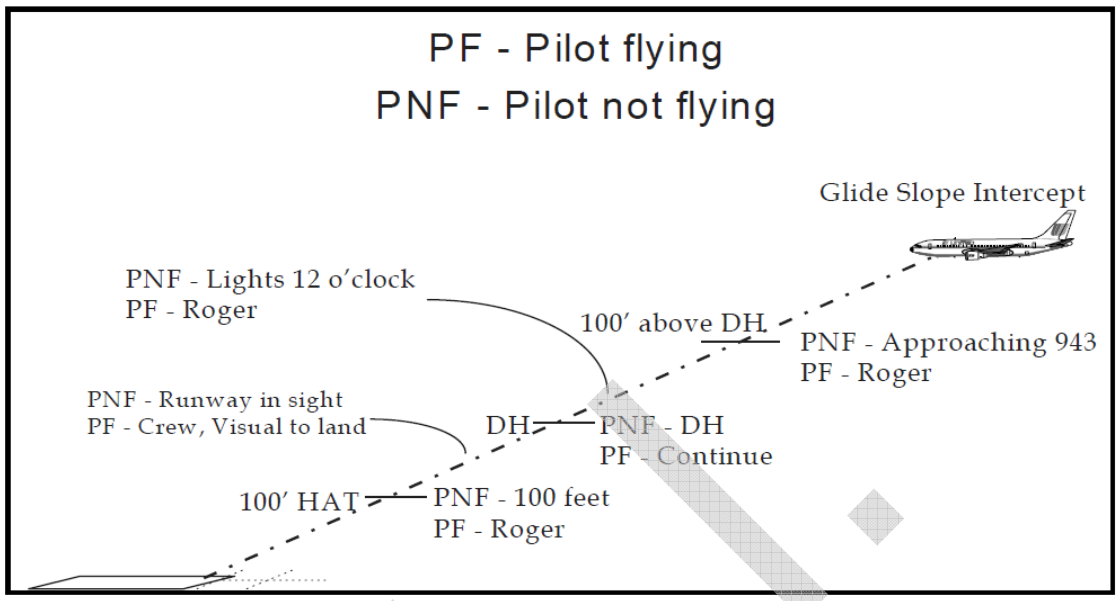


Figura 6-44

OBSERVACIÓN	CALLOUT COPILOTO	RESPUESTA PILOTO
TODAS LAS FASES DE VUELO		
I. A. mayor de 30º	Verifique inclinación alar	Corrigiendo
Desviación de rumbo mayor a 10º	Rumbo XX, Vuele XX	Corrigiendo
Desviación de velocidad (-5 /+10 Kias)	5 nudos bajo 10 nudos sobre	Corrigiendo
Desviaciones de altitud mayor a 100 pies	Altitud – corrija arriba/abajo	Corrigiendo
ASCENSO Y DESCENSO		
Próximo a la altitud de transición	Transición – altímetro 29.92	Check 29.92
A 1.000 ' de la nivelada	8.000' para 9.000'	Check 8.000' para 9.000'

Figura 6-45

APROXIMACIÓN		
Razón de descenso mayor a 1.000'	Razón de descenso 1.200'	Corrigiendo
Primer movimiento del CDI	CDI vivo	Check CDI vivo
Desviación del CDI 1 punto del centro (ILS)	Corrija izquierda/derecha	Corrigiendo izquierda/derecha
Primer movimiento del G/S	G/S vivo	Check G/S vivo
Desviación del G/S 1 punto del centro (ILS)	G/S abajo, corrija arriba G/S arriba, corrija abajo	Corrigiendo arriba Corrigiendo abajo
Cruzando el FAF o el OM	Check de alturas, sin banderolas	Check, sin banderolas
	(Para app. no precisas) Tiempo	
100' sobre la mínima	100' sobre	Check 100' sobre
Contacto visual con la pista o sus alrededores	Anuncia lo que tiene a la vista (luces de app a la vista, pista a la vista, etc.)	Continuamos o aterrizamos
En la DA	Mínima, luces solamente	Continuamos
	Mínima, pista a la vista	Aterrizamos
	Mínima, nada a la vista	Frustrando
App. VOR, +/- 1 punto	Corrija izquierda/derecha	Corrigiendo izquierda/derecha

Figura 6-46

6.17 Prevención de Accidentes

6.17.1 Factores fisiológicos

Conozca las condiciones en que se pueden producir ilusiones en vuelo y los problemas que crean.

Entienda como utilizar referencias visuales externas para mantener una trayectoria de vuelo visual y cuáles son las que deben estar presentes para poder mantenerla. Es esencial que dedique suficiente tiempo en la planificación de la misión y revisión de la cartilla de aproximación. Observe detalles como los que se indican a continuación:

- Conozca el largo y ancho de pista, la pendiente, si es que tiene el umbral desplazado, etc.
- Verifique el terreno de la aproximación.

B.E.I.

- Estudie el sistema de luces de aproximación. De qué tipo es, cuán largo es, qué debería ver al quebrar la capa, y si está alineado o no con el centro de pista.
- Conozca qué tipos de marcas de pista que se van a encontrar. Las marcas varían de acuerdo a la clasificación de la pista (precisión, no- precisión y básicas)

Discuta las funciones de la tripulación. Determine quién vuela la aproximación y quién aterriza. Puede aplicar tres técnicas:

6.17.2 Piloto Vuela la APP y Aterriza

- Si el piloto vuela, entonces el copiloto debe mirar hacia fuera por referencias visuales.
- El copiloto debe saber reconocer exactamente las referencias que necesita ver el piloto que está volando.

Ventajas:

- El piloto al mando tiene la última responsabilidad.
- Generalmente el piloto es el de mayor experiencia.
- No se traspasa el control del avión.

Desventajas:

- Tiempo limitado para levantar la cabeza (head-up) y volar afuera.
- Tendencia a pasar a visual sin referencias suficientes.
- En caso de frustrar tiene que volver a volar por instrumentos.

6.17.3 Copiloto Vuela la APP y el Piloto Aterriza:

- Si el copiloto vuela la APP, el piloto se encuentra libre para pasar la mayor parte del tiempo buscando por referencias visuales
- El copiloto estará listo para realizar la aproximación frustrada y lo hará automáticamente si es que no es dispuesto de otra forma por el piloto.

B.E.I.

Ventajas:

- El piloto puede estar el 80-90% del tiempo head-up
- Si se realiza una frustrada, el copiloto ya está volando por instrumentos
- El copiloto se mantiene head-down
- Este procedimiento es recomendado para APPs no precisas

Desventajas:

- El copiloto debe volar una buena APP
- Transferencia de los mandos a baja altura

6.17.4 Piloto Automático Vuela la Aproximación hasta la DA / MDA

Una tercera técnica consiste en permitir que el piloto automático vuele la aproximación hasta la DA / MDA y luego el piloto asume el control del avión, tanto para aterrizar como para ejecutar la aproximación frustrada. Esta técnica es de mucha ayuda para el término de un largo día de trabajo y/o en condiciones meteorológicas marginales.

Callouts recomendados son: “Con referencias” y “Visual”

- Con Referencias: Quiere decir que tiene terreno a la vista y la aproximación puede seguir bajo la DH. Recuerde, éstas pueden ser las luces de aproximación
- Visual: Significa que tiene las referencias suficientes para aterrizar visual.

6.17.5 Técnicas para una transición segura.

- Es imperativo tener un avión bien compensado. Que se encuentre estabilizado, con sus parámetros, lo antes posible durante la aproximación.
- Mantenga el cross check sobre los instrumentos necesarios para el toque de ruedas. Aunque no esté aterrizando, controle cualquier cambio de velocidad, razón de descenso y senda de planeo. Si existe una desviación mayor en alguno de ellos, debe abandonar la aproximación.

B.F.I.

- No descender y mantenerse abajo por mucho tiempo. Si un aterrizaje no se puede efectuar en forma segura en el punto de toque de ruedas designado, pase de largo.
- Recuerde que las luces de aproximación no brindan ningún tipo de referencia vertical. Usted debe ver al menos 500 pies de pista antes de dejar cualquier guía vertical.
- Si en cualquier momento bajo la DH o la MDA pierde las referencias visuales con la pista, pase de largo. Si desciende de la DA/MDA siguiendo solamente las luces de aproximación y no obtiene referencias visuales de la pista a los 100 pies AGL, **debe** pasar de largo.

6.17.6 Aproximación Estabilizada (Stabilized Aproach)

Según la FSF (Flight Safety Foundation) podemos definir una aproximación estabilizada cuando:

- Toda aproximación en IMC/IFR deberá estar estabilizada a 1000 Fts. De altura sobre el lugar de toque de ruedas.
- Toda aproximación en VMC/VFR deberá estar estabilizada a 500 Fts. De altura sobre el lugar de toque de ruedas.
- El avión deberá estar en la senda correcta de vuelo.
- Solo pequeños cambios de rumbo y pitch son requeridos para mantener la senda de vuelo.
- En la aproximación la velocidad no será mayor a la Vref + 20Kias y no menor a la Vref.
- El avión este en configuración de aterrizaje.
- La velocidad de descenso en una aproximación no será mayor a 1000 pies./min. Si fuera necesario descender a más de 1000 Fts/min. en una aproximación especial, se deberá tener previsto un briefing previo con el resto de la tripulación.
- La potencia/empuje durante la aproximación, deberá ser la apropiada para la configuración de la aeronave.
- Desviaciones no mayores a un punto respecto a la guía vertical (Glide slope para ILS o VNAV para RNAV).
- Todas las listas y briefings estarán cumplidos.

En caso de no reunir las condiciones anteriores antes de los 1000 pies AGL (IMC) o 500 pies AGL (VMC) o perder estas condiciones bajo estos niveles, deberá frustrar la aproximación.

6.18 APROXIMACIÓN FRUSTRADA

6.18.1 Generalidades

El objetivo de una aproximación frustrada es proveer de una trayectoria de vuelo libre de obstáculos que permita al piloto retornar al espacio aéreo de ruta o al segmento inicial de una aproximación.

Se debe ejecutar una aproximación frustrada cuando:

- Arribado al punto de aproximación frustrada (MAPt), no se haya establecido contacto visual con la pista, habiendo alcanzado o no la MDA.
- Cuando el piloto estime que no es posible un aterrizaje seguro.
- Cuando ATC lo ordene.

NOTA: Esté preparado para ejecutar la aproximación frustrada en cada descenso.

Por lo tanto, deberá estar familiarizado con el procedimiento de aproximación frustrada establecido antes de comenzar el descenso.

El segmento de la aproximación frustrada de un procedimiento de aproximación instrumental, comienza en el “Missed Approach Point” (MAPt) y termina en el límite de la autorización de la frustrada.

El criterio de construcción de este tipo de procedimientos, especifica que una frustrada debe ser simple e indicar una altitud y un límite de autorización.
Con el objetivo de mantenerse dentro del área de franqueamiento de obstáculos, se considera que la aproximación frustrada debe ser iniciada en el MAPt (a una altitud no menor a la DA / MDA) y el ascenso debe ser de al menos con una gradiente de 152 pies por MN (2.5%) a menos que una gradiente mayor sea especificada.

Considerando que el área de seguridad comienza en el MAPt, “NO COMIENCE” ningún viraje antes de este punto, incluso si la decisión de frustrar ya ha sido tomada. Por otro lado, la montada del procedimiento puede ser comenzada antes del punto de inicio.

Si el procedimiento publicado considera un viraje y la aproximación frustrada es iniciada pasado el MAPt, el avión puede exceder los límites del espacio aéreo protegido. El piloto debe estar alerta del terreno en el área terminal y de los alrededores de la pista.

La planificación será lo más importante de una aproximación frustrada, y se aplicarán los procedimientos que correspondan al avión con respecto a la frustrada. Después que el avión se encuentra ascendiendo, notifique a la agencia de ATC, estableciendo sus intenciones y/o solicitando autorización para una nueva aproximación.

6.18.2 Secuencia de una Frustrada

El proceso de frustrar una aproximación consta de los siguientes pasos:

- Aplicar potencia y cambiar a actitud de despegue. (Seleccionar modo Go Around, según disponibilidad)
- Ajustar la actitud de su indicador de actitud, de tal forma que inicie una montada. (Maniobre su aeronave según la indicación del modo Go- Around del Director de vuelo)
- Verificar ascenso positivo en su altímetro y variómetro
- Desconfigure la aeronave
- Continuar el ascenso conforme a lo publicado en la aproximación frustrada.

6.19 Determinación del MAPt

Las cartas DGAC y Jeppesen describen el punto de aproximación frustrada. Las DGAC usan el final de una flecha continua y comienzo de una segmentada, mientras que las Jeppesen muestran de distinta forma dependiendo del tipo de aproximación (precisa o no-precisa) colocando una "M" en el MAPt de las no-precisas. **(Fig. 6- 47 / 49)**

6.19.1 Aproximaciones de Precisión

El punto de aproximación frustrada en una APP precisa se verifica cuando el avión ha alcanzado la DH, interceptado o no en la senda de planeo. El término de una línea negra en ese punto o el comienzo de una segmentada, generalmente serán los indicativos de la posición para la mayoría de las APP.

6.19.2 Aproximaciones No-Precisas

El punto de aproximación frustrada en una APP no-precisa, será un punto específico, distancia, waypoint o radioayuda.

B.E.I.

Este punto está especificado en las cartas por el término de una flecha continua y comienzo de una segmentada.

Si una distancia DME, intersección o radioayuda es indicada como punto de aproximación frustrada, significa que éste debe ser usado como referencia primaria de determinación del MAPt. En estos casos, el tiempo sirve sólo como una referencia.

Para el caso de las aproximaciones ILS, en la parte inferior se indica un cuadro de tiempos que se utiliza sólo como referencia para la aproximación no precisa asociada.

Si el tiempo no ha sido publicado en el cuadro de velocidades, entonces, aunque es posible calcularlo, no puede utilizarlo como referencia primaria. Una aproximación requiere un punto fijo con referencia al terreno para determinar el MAPt.

Verifique si su avión puede cumplir con los requerimientos publicados de determinación del MAPt (Ej.: DME requerido) en caso de no ser así, usted no podrá realizar el procedimiento de aproximación.

6.19.3 Marker Beacons

Si un Middle Marker (MM) está instalado y colocado precisamente en la posición del MAPt, puede ser utilizado como RESPALDO de otras indicaciones como compass locator o DME asociado al ILS.

Usted no puede planificar usar el MM como fuente primaria de identificación del MAPt, ya que no hay forma de determinar con anterioridad si será recibido por el avión en el lugar preciso. Si el marker es recibido y concuerda con otras indicaciones, usted puede determinar que se encuentra en el MAPt. No atrase el comienzo del procedimiento de frustrada si ya ha alcanzado el límite especificado.

El MM es localizado en el punto aproximado donde el avión encontrará la DA interceptado en la senda de planeo para ILS CAT. I. El Inner Marker (IM) indica un punto en el cual la aeronave encontrará la altura o altitud de decisión (DH/DA) en un punto determinado entre el MM y el umbral de la pista el cual es utilizado normalmente para aproximaciones CAT II y III.

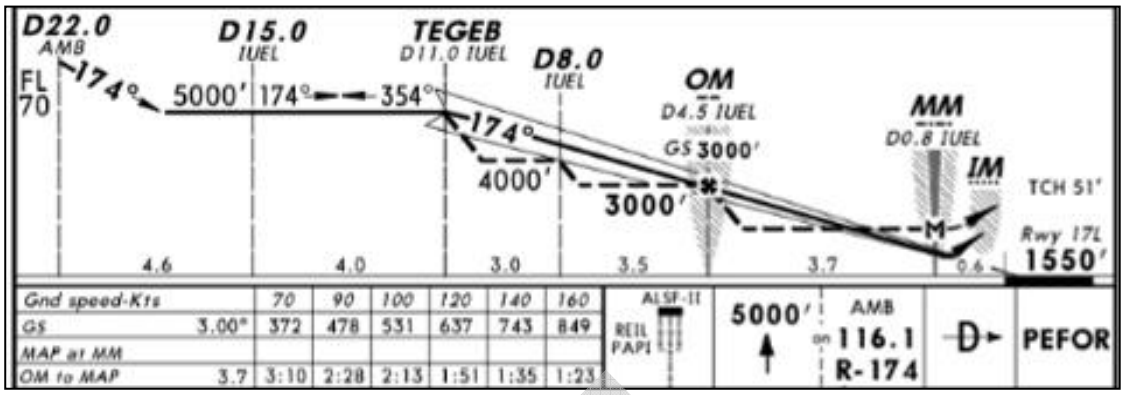


Figura 6-47
MAPt en aproximación Jeppesen – Precisión y No Precisión

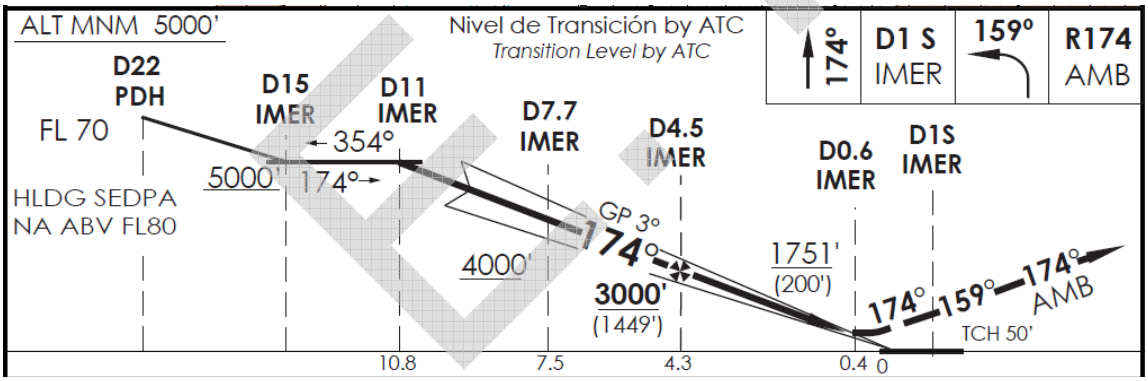


Figura 6-48
MAPt en aproximación DGAC – Precisión

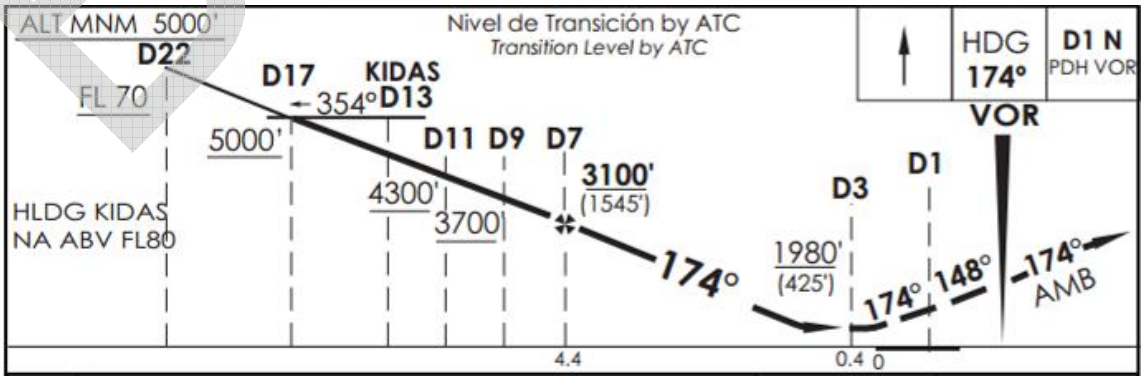


Figura 6-49
MAPt en aproximación DGAC – No Precisión

B.E.I.

6.19.4 Aproximaciones Radar

La demarcación del MAPt y el procedimiento de frustrada publicada en una aproximación NO se aplican a una aproximación por radar.

Para las aproximaciones por radar, el controlador indicará al piloto los procedimientos de aproximación frustrada.

6.19.5 Instrucciones de Frustrada

Las instrucciones de frustrada están asociadas normalmente con aproximaciones que no terminan en un aterrizaje completo, como puede ser el caso de vuelos de instrucción con múltiples aproximaciones.

Cuando instrucciones de frustrada verbales son indicadas por el ATC, éstas suspenden la publicada y se constituyen en una autorización ATC. Estas nuevas instrucciones de frustrada deberán ser solicitadas y/o impartidas por ATC antes del inicio del procedimiento de aproximación.

Cuando ejecute una frustrada, demore el comienzo del primer viraje hasta encontrarse sobre el umbral de despegue de la pista, si es que es visible, y a un mínimo de 400 pies AGL. Si el final de pista de despegue no es visible, mantenga el rumbo de eje de pista hasta 400 pies AGL y luego vire.

Si en algún momento se encuentra en duda sobre el desarrollo de la frustrada (no recuerda si tiene instrucciones verbales o piensa que no podrá volarla), ejecute la aproximación frustrada publicada en la cartilla de la APP. Ésta, por lo menos, lo mantendrá alejado de obstáculos terrestres mientras notifica a ATC de su condición.

6.20 APROXIMACIÓN CIRCULAR

6.20.1 Generalidades

Esta es una maniobra visual, bajo reglas de vuelo IFR y con referencias a sus instrumentos de vuelo, utilizada después que se ha completado la aproximación instrumental para alinear el avión con la pista que se va a usar para el aterrizaje.

Existen aproximaciones publicadas, las cuales solo permiten aterrizar desde una maniobra circular. Éstas se identifican porque no tienen publicados mínimos para la aproximación directa, solo para circular. Además, la identificación de la aproximación será mediante una letra. Por ej. VOR – A, NDB – B. (**Fig. 6- 50 / 51**)

B.E.I

Una aproximación instrumental será publicada sólo para circular toda vez que el curso final de la aproximación difiera en más de 30º respecto al eje de la pista, o el descenso desde el FAF al THC sea mayor a 400 pies / milla náutica. En éste caso, al no ser una aproximación directa, se incluirá en el diseño de la aproximación una Derrota de Vuelo Visual (VFT). A partir de éste punto, el piloto comienza a maniobrar visualmente para alinearse con la pista respectiva. (**Fig. 6- 52**)

Además, se podrá circular cada vez que la visibilidad, dirección e intensidad del viento, techo, obstrucciones, etc. lo aconsejen necesario.

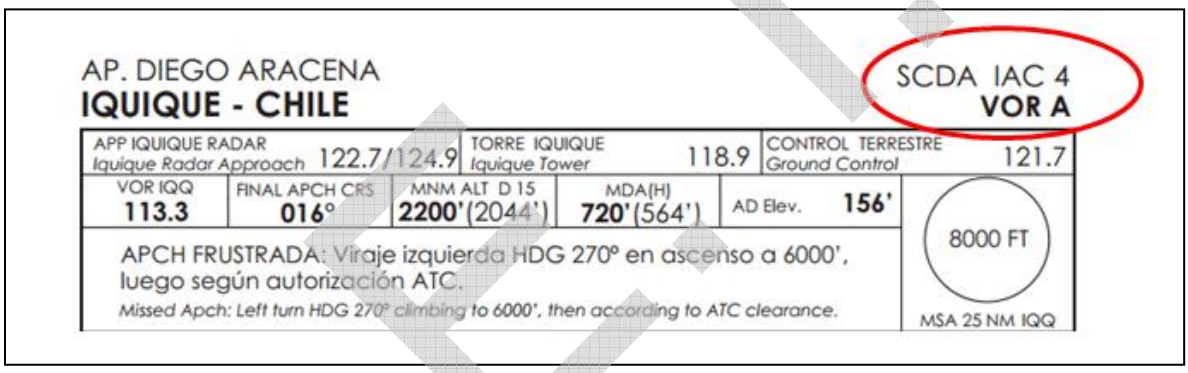


Figura 6-50

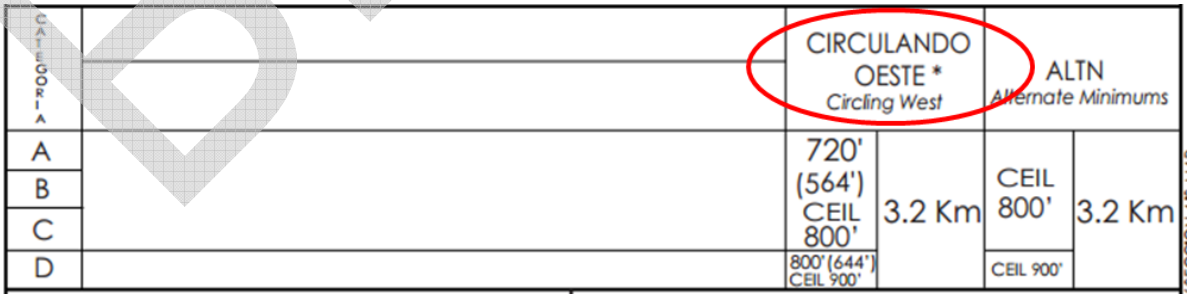


Figura 6-51

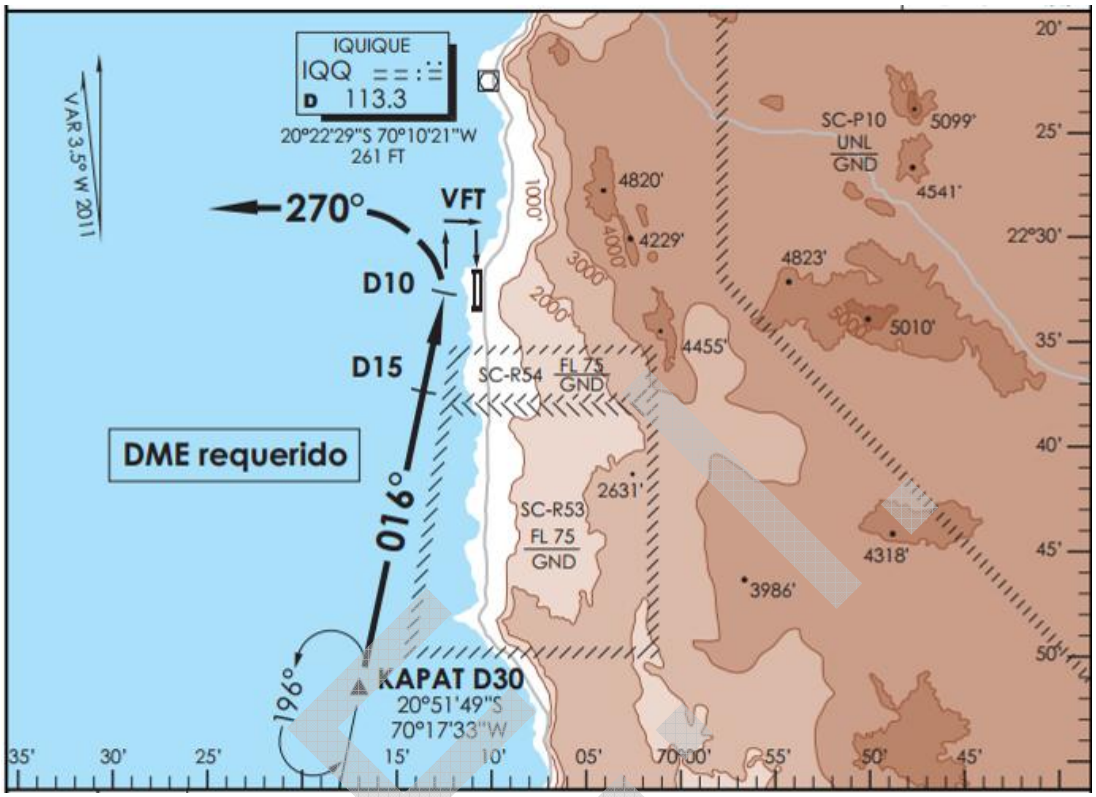


Figura 6-52

Esta maniobra es inherentemente más riesgosa ya que envuelve una serie de desventajas para la tripulación:

- No se practican con mucha frecuencia
- Se ejecutan a bajas velocidades
- Se realizan a baja altitud
- Se presentan condiciones de visibilidad reducida
- La maniobra demanda una alta carga de trabajo de cabina
- Por lo general, no son previamente planificadas

Es necesario recalcar que la MDA para circular no siempre es la misma que para la aproximación directa (usualmente la MDA circular es mayor que la MDA directa), y ésta aparece en la publicación de la aproximación que se está haciendo.

Se debe tener presente que al MAPT se llega tratando de aterrizar, por lo tanto, se debe tratar de colocar las condiciones óptimas en el avión para efectuar esta maniobra y manteniendo referencias instrumentales aunque ya esté volando visual.

La MDA de circular le garantizará un franqueamiento de obstáculos de apenas 300’ sobre el obstáculo más alto en su área para circular. El área relativamente libre de obstáculos en un aeródromo, son los ejes de aproximación. Si Ud. desciende de la MDA circulando, antes de estar positivamente alineado en final, es posible que se produzca una colisión con un obstáculo que por su ángulo de visión descendente (DVA) permaneció oculto bajo su nariz durante la maniobra. Esto se agrava si se piensa que para mantener un vuelo nivelado a baja velocidad a la que normalmente se circula, se requiere llevar un alto ángulo de ataque.

NOTA: Cuando las condiciones lo permitan, circule a su altitud normal de tránsito.

Debido a que el circulando se realiza más bajo que el tránsito visual normal, existe la tendencia del piloto a buscar la referencia angular lateral usual con la pista, que lo deja muy cerca de ésta. Esta situación obliga al piloto a realizar una base excesivamente apretada, favoreciendo una condición de descenso o a sobrepasarse del eje de la pista (overshoot) (**Fig. 6- 53**). Por lo tanto, si no es posible volar el circular a la altura normal del tránsito, tome la distancia necesaria para lograr una base cómoda.

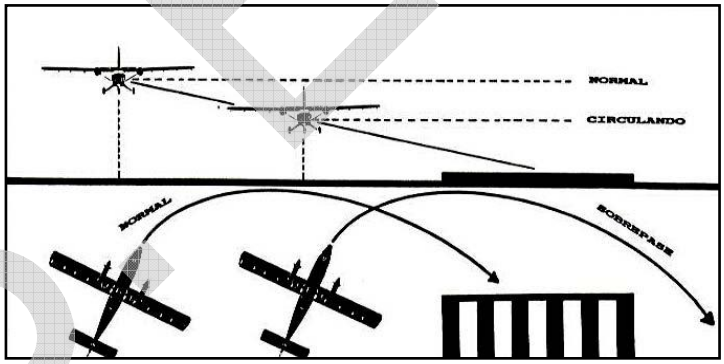


Figura 6-53

Después de descender hasta la MDA para circular y con el terreno a la vista, se debe determinar si es posible efectuar este procedimiento. Si así fuese, el piloto debe maniobrar su avión de tal manera que el viraje de base sea a su izquierda con el objetivo que el piloto mantenga siempre la pista a la vista (aeronaves biplaza side by side), a no ser de que:

- Se le ordene hacerlo de otra forma
- La cartilla de la aproximación lo estipule de otra forma.

La MDA podrá ser abandonada sólo cuando la aeronave se encuentre dentro de 15º a cada lado del eje de la pista y con un rumbo de interceptación apropiado para la alineación del tramo final a la pista que está aproximando.

El área de franqueamiento de obstáculos (CAR) se obtiene trazando sobre cada umbral de pista un semicírculo que posteriormente se unen. El radio de este semicírculo lo determina la categoría de la aeronave. Si hubiera más de una pista, se haría lo mismo en cada umbral de pista. (**Fig. 6-54**)

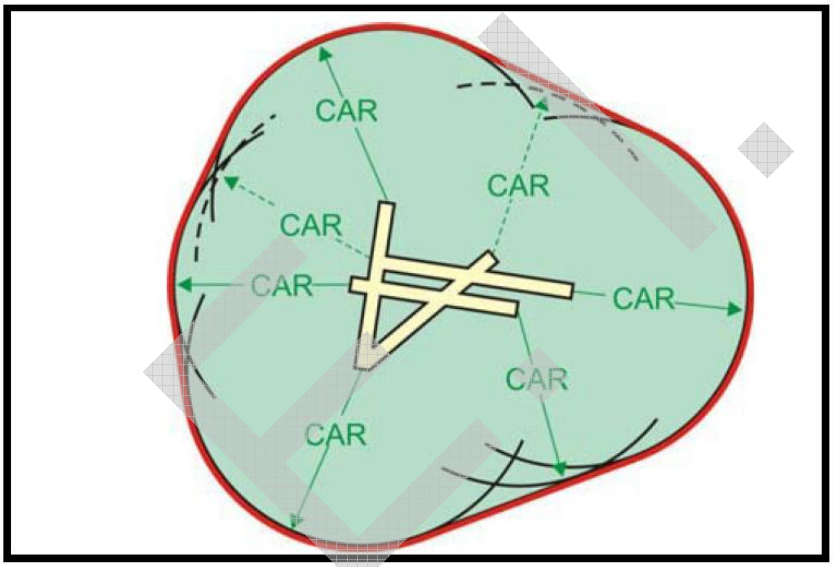


Figura 6-54

A continuación, se presentan cuatro tipos de aproximaciones circulando (**Fig. 6-55**):

Ejemplo “A”: Nos muestra un circulando cuando la radio ayuda o el VDP está alejado de la pista.

Ejemplo “B”: Nos muestra un circulando cuando la razón de descenso es muy grande o la pista fue vista muy tarde, como para aproximar en directo.

Ejemplo “C”: Nos muestra un circulando en 180º con respecto al curso de aproximación.

Ejemplo “D”: Nos muestra un circulando comenzando perpendicular a la pista de aterrizaje cuando la pista ha sido vista muy tarde o por limitaciones de componente de viento de cola para interceptar tramo con el viento

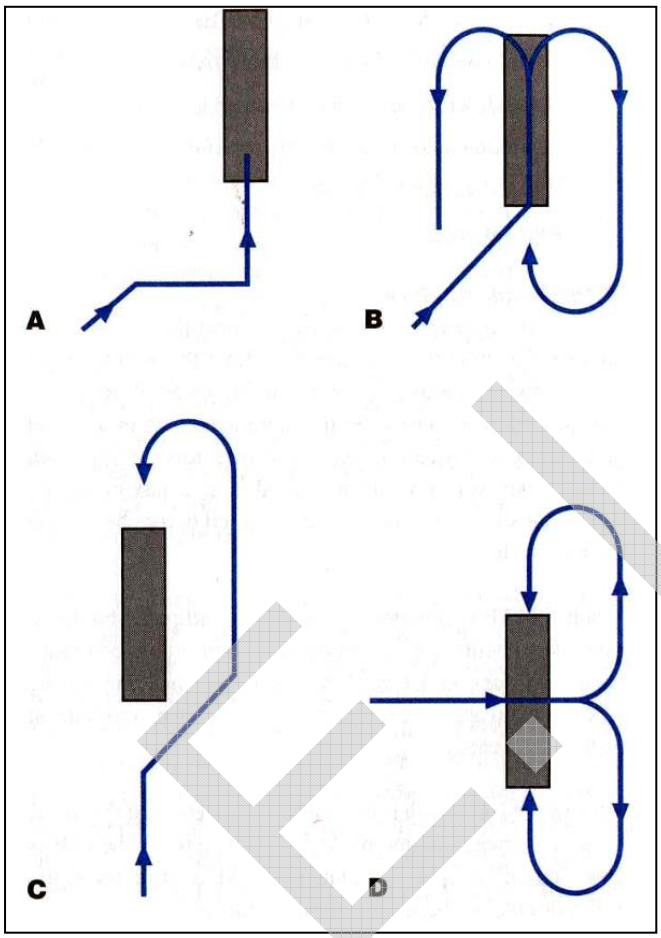


Figura 6-55

NOTAS: Circular no se debe confundir con planificar su aproximación para llegar al MAPT a frustrar. Al MAPT se llega tratando de aterrizar, por lo tanto, preparando el avión con las mejores condiciones de velocidad y configuración para esta maniobra; si no se puede aterrizar, se frustra.

Para ejecutar un circulando, mantenga sus referencias instrumentales, aunque ya esté volando visual.

6.20.2 Técnicas para Circular

En un circular usted debe acomodar el avión de tal manera que le permita efectuar una base segura para aterrizar. Las siguientes son algunas técnicas recomendadas las que le pueden ayudar cuando se encuentre en condiciones de baja visibilidad y techos.

NOTA: Las siguientes descripciones corresponden a “Técnicas” y no procedimientos. Utilícelas cuando lo considere necesario. Cada técnica se podrá utilizar para diferentes circunstancias. No existe ninguna mejor que otra. Sin embargo si se encuentra volando de día y sin restricciones de visibilidad, privilegie una separación visual con el terreno en vez de utilizar estas técnicas.

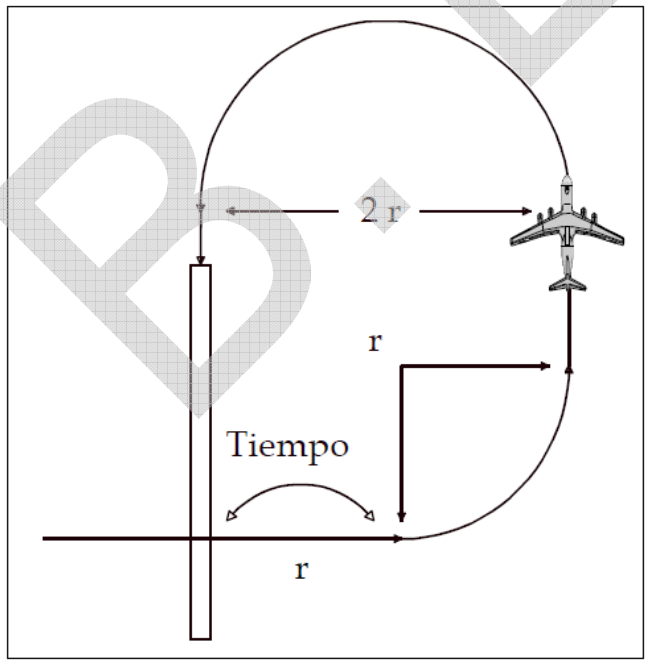
6.18.2.1 Viraje de 90°

Maniobre alejándose de la pista la misma distancia que le toma efectuar a su avión ejecutar un viraje de 90° a fin de asegurarse una buena separación. (**Fig. 6-56**)

A menos que la estación DME se encuentre justo a un costado de la pista, deberá calcular la distancia basándose en el tiempo.

- Ventajas: Usted podrá sobrevolar la pista y ver la disposición aeródromo.

- Desventajas: Viento de cola puede empujarlo más lejos de lo esperado.
  Reste el viento a la VAV y use el 10% de ésta para obtener el tiempo en segundos (Use la VT si la conoce)



Ejemplo: VAV =150 kts.
Viento = 10 kts. (cola)
VAV resultante (VT) =140 kts.
Tiempo alejamiento = 14 segundos

Figura 6-56

6.20.3 Dos Virajes de 90°

El primer viraje lo debe efectuar cuando ingresa al área de seguridad para su categoría, o bien sobre el umbral. Corrija por viento. (**Fig. 6- 57**)

- Ventajas: Es prácticamente igual a un circuito normal. Garantiza un desplazamiento adecuado siempre que se corrija por viento.

- Desventajas: Usted puede perder de vista la pista

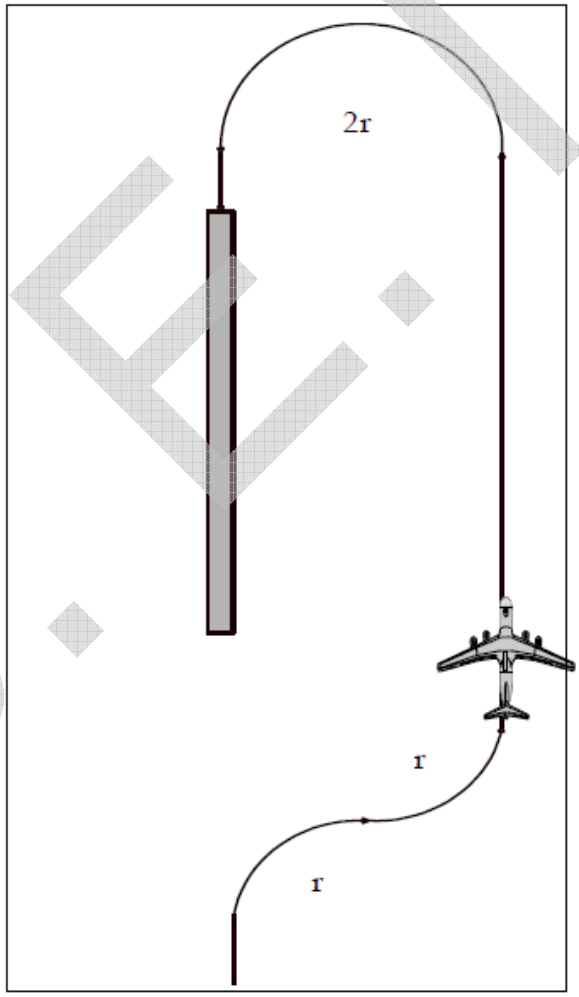


Figura 6-57

B.E.I.

6.20.4 Técnica de los 45°

En el umbral, vire a un rumbo a 45° del eje de pista y manténgalo hasta la cuadra del otro cabezal, posteriormente vire de vuelta paralelo hasta el punto en que ingresará en base. Este método le brinda una separación igual al largo de pista. Si necesita menos separación, determine en la pista el punto en que volverá a paralelo, basándose en la distancia desde el umbral. Corrija por viento en ambos virajes y en la pierna de alejamiento. (**Fig. 6- 58**)

- Ventajas: Se mantiene pista a la vista. Buen procedimiento para aterrizar en una pista contraria.

- Desventajas: Una pista corta puede no darnos una buena separación. El punto de retorno al rumbo de alejamiento es difícil de determinar. Debe cruzar el final de pista para iniciar la maniobra.

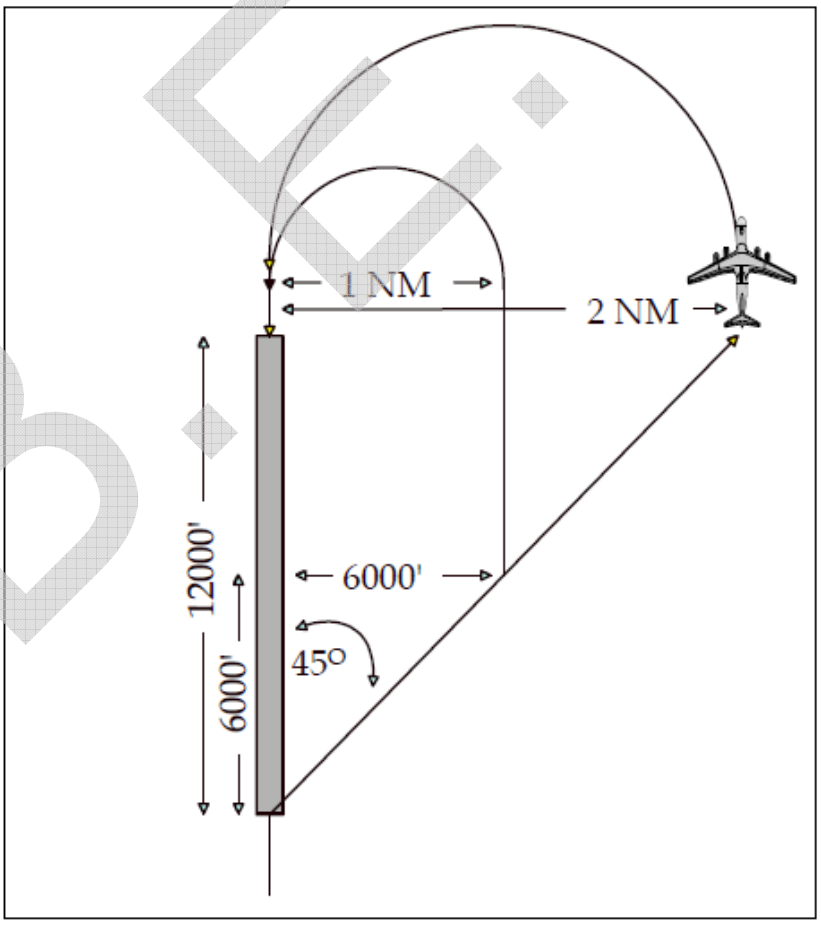


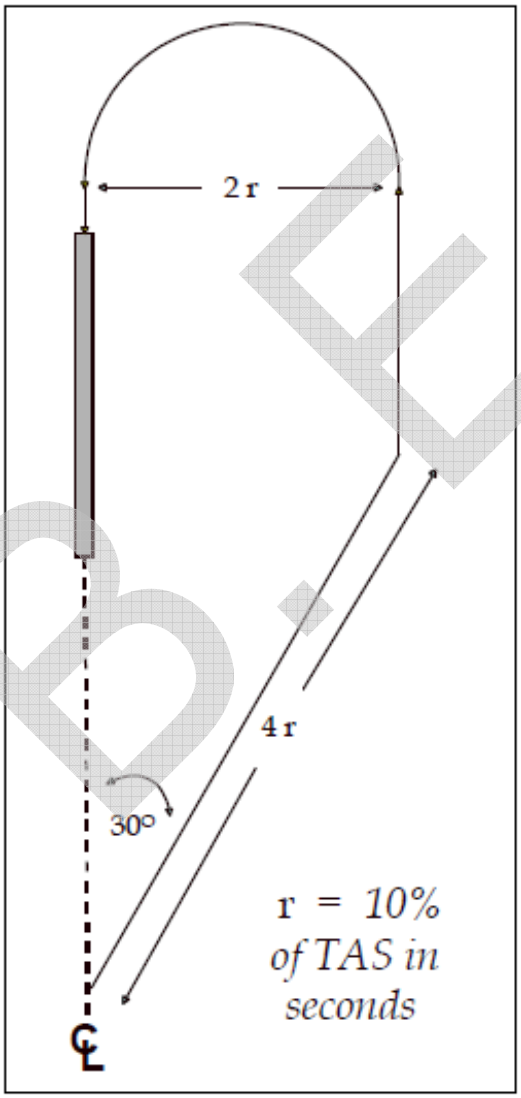
Figura 6-58

6.20.5 Técnica de los 30°

Una vez que se encuentre dentro del área de protección para su categoría, vire 30° del eje de pista por 4 veces el 10% de su VAV o velocidad terrestre (si la conoce) en segundos. (**Fig. 6- 59**)

- Ventajas: Usted no necesita cruzar el umbral de la pista. Puede mantener en forma cómoda el entorno de la pista a la vista.

- Desventajas: Pude requerir de mayor visibilidad para efectuar el procedimiento de tal manera de permitir ver la pista a tiempo.



Ejemplo: Radio de Viraje para 90° es N° MACH-2
MACH = VAI / 60
180kts / 60 = 3 MN / min
Radio de Viraje 90° = 3- 2 = 1 MN
Tiempo que toma recorrer 1 MN a 3 MN /min

(20 segundos)

4r = 80 segundos

Una forma más fácil de calcular es tomar el 10% de la VAV:
10% de 180kts = 18 segundos
(Esto es lo más aproximado y fácil de realizar en vuelo)

Figura 6-59

B.E.

6.20.6 Aproximación Frustrada desde El Circular

Si existe cualquier duda de que el avión no podrá ser maniobrado en forma segura hasta el punto de toque de ruedas, o si pierde de vista sus referencias visuales, ejecute una aproximación frustrada.

Cuando frustre, ejecute el procedimiento publicado para la aproximación que realizó recién, a menos que le sea dispuesto de otra forma.

Si pierde la referencia visual cuando se vuela en circulando, debe seguirse la aproximación frustrada. Para ello lleve a cabo un viraje de ascenso inicial hacia la pista de aterrizaje y por encima del aeródromo, donde debe establecer el ascenso en la derrota de aproximación frustrada. Como la maniobra de vuelo en circulando puede llevarse a cabo a más de un sentido, se requerirá el establecimiento de diferentes virajes para colocar la aeronave en el rumbo de aproximación frustrada, según su posición en el momento en que se pierda la referencia visual, excepto que el ATC lo indique de otra forma, ante lo cual la instrucciones de frustrada deberán ser impartidas junto con la autorización de aproximación. (**Fig. 6-60**)

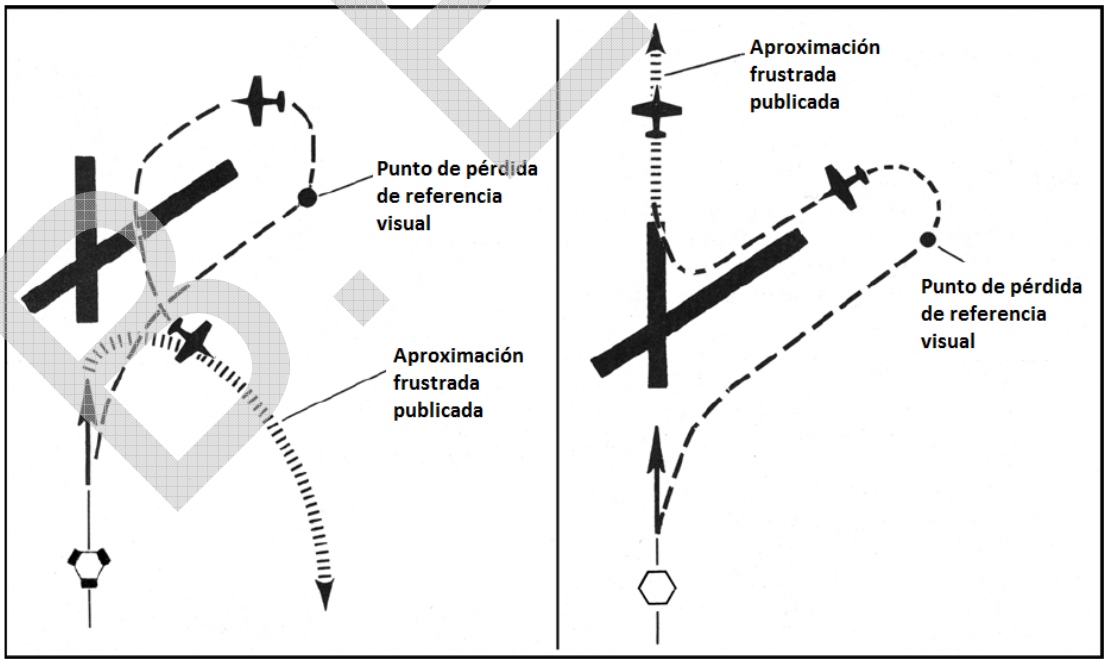


Figura 6-60